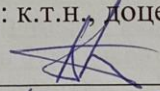


КОМПЛЕКСНА МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
«Система електронної підтримки навчального процесу з дисципліни
«Промисловий Інтернет речей»
Частина 2. Підсистема підтримки студентської діяльності»

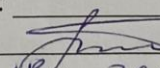
Виконав: студент 2 курсу, групи АКІТ-22мз,
спеціальності 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології» _____.

 _____ Олександр ПЕТРОВ

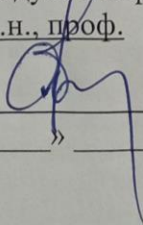
Керівник: к.т.н., доцент кафедри АІТ

 _____ Владислав КАБАЧІЙ
« 10 » 06 2024 р.

Опонент: _____ проф. каф. КСУ

 _____ Микола БИКОВ
« 18 » червня 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри АІТ
д.т.н., проф.

 _____ Олег БІСІКАЛО
« ____ » _____ 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Факультет інтелектуальних інформаційних технологій
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 15 «Автоматизація та приладобудування»
Спеціальність-151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітньо-професійна програма – Інтелектуальні комп'ютерні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АІПТ

д.т.н., професор

Олег БІСІКАЛО

“ 12 ” 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на комплексну магістерську кваліфікаційну роботу
Петрова Олександра Вадимовича

1. **Тема роботи** Система електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей» Частина 2. Підсистема підтримки студентської діяльності

керівник роботи Кабачій Владислав Володимирович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ № 81 від 11 березня 2024 р.

2. **Строк подання студентом роботи** 10 червня 2024 р.

3. **Вихідні дані до роботи** Підсистема електронної підтримки повинна дозволяти студенту переглядати різноманітні навчальні мультимедійні матеріали процедурного характеру, що розроблені викладачем та надані студентами для вивчення, що сприятиме формуванню у студентів професійних знань, що не артикуються (уміння, досвід, навички, інтуїція). Для посилення процедурного характеру навчального матеріалу підсистема електронної підтримки повинна забезпечувати студенту можливість приймати участь у виконанні тих чи інших проектних процесів або інформаційних досліджень предметної області, які демонструє викладач у режимі онлайн під час лекцій. Підсистема електронної підтримки повинна надавати студенту усі необхідні програмні інструменти, за допомогою яких він буде виконувати індивідуальні завдання в рамках проектного практикуму (наприклад для виконання аналізу існуючого АТП/АВП, для проведення онтологічних досліджень предметної області та оформлення їх результатів, для оформлення проектних рішень КФС промислового призначення).

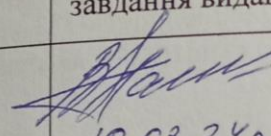
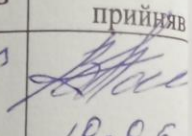
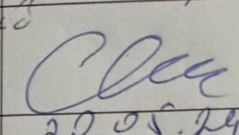
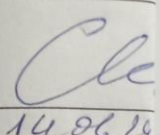
4. **Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно дослідити)

1) Техніко-економічне та науково-технічне обґрунтування роботи. 2) Проектування підсистеми підтримки студентської діяльності у першому навчальному модулі. 3) Проектування підсистеми підтримки студентської діяльності у другому навчальному модулі. 4) Економічний розділ

5. **Перелік графічного матеріалу** (з точним зазначенням обов'язкових плакатів)

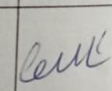
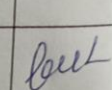
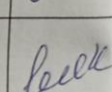
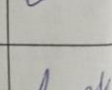
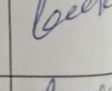
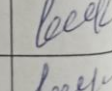
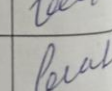
1) Концепція вдосконаленої підсистеми електронної підтримки. 2) Підтримка виконання самостійної роботи студентів у першому навчальному модулі. 3) Підтримка практикуму за темою «Дослідження реального АТП/АВП». 4) Підтримка практикуму за темою «Аналіз реального АТП/АВП». 5) Підтримка практикуму по темі «Пошук способу цифрової трансформації реального АТП/АВП». 6). Підтримка практикуму по темі «Проектування КФСПП для цифрової

6. Консультанти розділів роботи

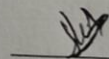
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Володимир ПАПІНОВ, к.т.н., професор кафедри АІТ	 10.03.24р	 10.06.
Економічний розділ	Володимир КОЗЛОВИЧ, к.т.н., проф. каф. ЕІТ ВМ	 20.05.24	 14.06.24

7. Дата видачі завдання 12 березня 2024р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дослідження	Строк виконання етапів	Приміт
1. Науково-технічне та техніко-економічне обґрунтування роботи.	15.03.24 р.	
2. Розробка технічного завдання на науково-дослідну роботу	15.03.24 р.	
3. Проектування підсистеми підтримки студентської діяльності у першому навчальному модулі	15.04.24 р.	
4. Проектування підсистеми підтримки студентської діяльності у другому навчальному модулі	15.05.24 р.	
5. Економічний розділ	31.05.24 р.	
6. Оформлення пояснювальної записки	10.06.24 р.	
7. Захист роботи	з 14.06.24 р. по 30.06.24 р.	

Студент

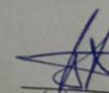


(підпис)

Олександр ПЕТРУС

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



(підпис)

Владислав КАБАЧ

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 378.162+681.51

Петров О.В. Система електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей». Частина 2. Підсистема підтримки студентської діяльності. Вінниця: ВНТУ, 2024. 123 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 31 назв; рис.: 41; табл. 7.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблена підсистема електронної підтримки роботи студента у навчальному процесі дисципліни «Промисловий Інтернет речей». На відміну від існуючої, вона будується на основі інформаційних он-лайн Інтернет-сервісів Google, програмних інструментів Microsoft Office 365 та інформаційно-освітнього середовища типу «віртуальне хімічне виробництво», що дозволяє ефективніше формувати у студентів сучасні фахові компетенції у вигляді професійних знань, що не артикулюються (практичні навички, досвід, інтуїція).

Графічна частина складається з 6 плакатів із результатами роботи.

У економічному розділі розраховано витрати на розробку, абсолютний ефект від впровадження розробки, внутрішню дохідність інвестицій та термін окупності інвестицій.

Ключові слова: система електронної підтримки, навчальна дисципліна, промисловий Інтернет речей, цифрова трансформація, розумне виробництво, кіберфізична система промислового призначення.

ABSTRACT

Petrov O,V,. System of an electronic sustaining of educational process of discipline «Industrial Internet of things», Part 2. A subsystem of a sustaining of student's activity. Vinnitsa: VNTU, 2024. 123 p.

In the master's qualifying thesis the subsystem of an electronic sustaining of a job of the teacher in educational process of discipline «Industrial Internet of things» is developed. Unlike existing, it is built on the basis of information online Internet-services Google, software tools Microsoft Office 365 and «virtual chemical manufacture» that allows more high-performancely to form at students modern professional competences in the form of knowledge which are not articulated (practical skills, the tentative, intuition).

The graphic part consists of 6 posters with results of work.

In economic section it is calculated expenses for development, absolute effect from introduction of development, internal profitableness of investments and a time of recovery of outlay of investments.

Keywords: system of an electronic sustaining, subject matter, the industrial Internet of things, digit transformation, clever manufacture, cyberphysical system of an industrial destination

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АТП – автоматизований технологічний процес.

АВП – автоматизований виробничий процес.

АСУВ – автоматизована система управління виробництвом.

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом.

ІАСУ – інтегрована система автоматизованого управління

КФСПП – кіберфізична система промислового призначення.

ПЛК – програмований логічний контролер.

ЛМІ – людино-машинний інтерфейс.

ФІТА – факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації.

ВНТУ – Вінницький національний технічний університет.

КІСУ – комп'ютерно-інтегрована система управління.

PLC – Programmable Logic Controller.

HMI – Human Machine Interface.

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition.

MES/MOM - Manufacturing Execution System/Manufacturing Operations Management.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУ-	
ВАННЯ РОБОТИ	
1.1 Дослідження існуючих проблем організації проєктного практикуму при підготовці магістрів спеціальності	
1.2 Задачі студентської діяльності в навчальному процесі з дисципліни «Промисловий Інтернет речей»	
1.3 Дослідження існуючої системи електронної підтримки навчального процесу	
1.4 Обґрунтування концепції вдосконаленої підсистеми електронної підтримки студентської діяльності.....	
1.5 Висновки до розділу	
2 ПРОЄКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ СТУДЕНТСЬКОЇ	
ДІЯЛЬНОСТІ У ПЕРШОМУ НАВЧАЛЬНОМУ МОДУЛІ	
2.1 Підтримка виконання СРС за темою «Основи побудови кіберфізичних систем промислового призначення»	
2.2 Підтримка студентського практикуму за темою «Дослідження реального АТП/АВП»	
2.3 Підтримка студентського практикуму за темою «Аналіз реального АТП/АВП»	
2.4 Висновки до розділу	
3 ПРОЄКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ СТУДЕНТСЬКОЇ	
ДІЯЛЬНОСТІ У ДРУГОМУ НАВЧАЛЬНОМУ МОДУЛІ	
3.1 Підтримка практикуму по темі «Пошук способу цифрової трансформації реального АТП/АВП»	
3.2 Підтримка практикуму по темі «Проектування КФСПП для цифрової трансформації реального АТП/АВП»	
3.3 Висновки до розділу	

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	
4.1 Технологічний аудит розробленої підсистеми підтримки студентської діяльності у складі системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей»	
4.2 Розрахунок витрат на розроблення підсистеми підтримки студентської діяльності у складі системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей»	
4.3 Розрахунок економічного ефекту від можливої комерціалізації нашої розробки	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	
Додаток А (обов'язковий) Технічне завдання на науково-дослідну роботу	
Додаток Б (обов'язковий) Ілюстративна частина	
Додаток В (довідковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	

ВСТУП

Актуальність роботи. Для підвищення якості підготовки фахівців в області автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки на кафедрі АІТ нещодавно введена до навчального плану нова професійно-орієнтована дисципліна «Промисловий Інтернет речей» для магістерського рівня підготовки, яка повинна надати студентам основні теоретичні відомості та практичні знання щодо цифрової трансформації поширеного зараз комп'ютерно-інтегрованого виробництва у «розумне» цифрове виробництво, що функціонує за концепцією «Індустрія 4.0» [1]. Основними формами практикуму у цій дисципліні є практичні заняття та самостійна робота, в ході яких студенти, опираючись на теоретичний матеріал лекцій, отримують практичні знання та набувають професійного досвіду у проєктуванні новітніх систем автоматизації для цифрового виробництва. Тому створення системи електронної підтримки, яка спроможна в ході даного навчального процесу забезпечити ефективними освітніми інструментами викладацьку та студентську діяльність, є, без сумніву, актуальною задачею.

У Вінницькому національному технічному університеті вже тривалий час функціонує система автоматизованого управління даними освітнього процесу та документообігу «JetIQ» [2]. Вона призначена, зокрема, для дистанційної інформаційної взаємодії студентів та викладачів в ході навчального процесу, використовуючи для цього цілу низку вбудованих функцій (сервісів). Крім того, для проведення лабораторних та проєктних практикумів з різних професійно-орієнтованих та спеціальних дисциплін спеціальності 174 на кафедрі АІТ створена сучасна комп'ютеризована лабораторія, програмно-технічні засоби якої утворюють інформаційно-освітнє середовище типу «віртуальне хімічне виробництво», яке функціонує за поширеною зараз концепцією комп'ютерно-інтегрованого виробництва «Індустрія 3.0» [3-6]. Це «віртуальне хімічне виробництво» включає основні

та допоміжні технологічні процеси, а також різноманітні обслуговуючі технічні процеси.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є створення на основі існуючої система автоматизованого управління даними освітнього процесу та документообігу «JetIQ» ВНТУ та існуючого інформаційно-освітнього середовища типу «віртуальне хімічне виробництво» кафедри АІТ ВНТУ системи електронної підтримки навчального процесу, яка підвищить ефективність викладацької та студентської діяльності, спрямованих на вирішення основних задач професійно-орієнтованої дисципліни «Промисловий Інтернет речей».

Об'єктом досліджень є навчальний процес підготовки у вищому технічному навчальному закладі магістрів з автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки. Такий об'єкт досліджень відноситься до наукової дисципліни "Інженерна педагогіка".

Предметом досліджень є підвищення ефективності теоретичного та практичного вивчення студентами методів та засобів цифрової трансформації існуючого автоматизованого технологічного/технічного процесу (АТП) у АТП «розумного» цифрового виробництва за рахунок використання в навчальному процесі системи електронної підтримки викладацької та студентської освітньої діяльності .

Задачі досліджень магістерської кваліфікаційної роботи:

1.Дослідження існуючих проблем організації проєктного практикуму при підготовці магістрів спеціальності до реалізації концепції «Індустрія 4.0».

2.Дослідження основних задач, виконуваних студентом, в ході навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей».

3.Техніко-економічне та науково-технічне обґрунтування концепції вдосконаленої системи електронної підтримки навчального процесу.

4.Розробка технічного завдання на науково-дослідну роботу.

5.Архітектурне проєктування підсистеми електронної підтримки студентської діяльності.

6.Проектування програмних функцій підсистеми для студентської діяльності в рамках першого модуля дисципліни.

7.Проектування програмних функцій підсистеми для студентської діяльності в рамках другого модуля дисципліни.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження полягатиме в тому, що на відміну від існуючої, вдосконалена система електронної підтримки будується на основі інформаційних он-лайн Інтернет-сервісів Google, програмних інструментів Microsoft Office 365 та інформаційно-освітнього середовища типу «віртуальне хімічне виробництво», що дозволяє ефективніше формувати у студентів сучасні фахові компетенції у вигляді професійних знань, що не артикулюються (практичні навички, досвід, інтуїція), за рахунок використання ними в ході лекційного курсу, проєктного практикуму та самостійної роботи вбудованих програмних інструментів та навчальних мультимедійних матеріалів процедурного типу.

Практична цінність отриманих результатів дослідження полягатиме в тому, що їх можна буде легко застосувати при створенні аналогічних систем електронної підтримки для підготовки фахівців споріднених галузей знань та спеціальностей.

Апробація результатів дослідження: основні результати виконання магістерської кваліфікаційної роботи будуть опубліковані в матеріалах щорічної регіональної науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (Вінниця, ВНТУ, 2024 р.) [7].

Наукові дослідження за темою магістерської кваліфікаційної роботи проводяться на основі індивідуального завдання, складеного та затвердженого кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ВНТУ, а також технічного завдання на науково-дослідну роботу, яке буде розроблене далі.

2 ПРОЄКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ СТУДЕНТСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ПЕРШОМУ НАВЧАЛЬНОМУ МОДУЛІ

2.1 Підтримка виконання СРС за темою «Основи побудови кіберфізичних систем промислового призначення»

Самостійна робота студентів за темою «Основи побудови кіберфізичних систем промислового призначення» виконується на початку навчального першого модуля дисципліни, коли паралельно викладач читає цикл лекцій за цією ж тематикою. На рисунку 2.1 і в додатку Б показана схема навчального процесу в рамках даного модуля, що демонструє взаємне розміщення у часі викладацької та студентської діяльності.

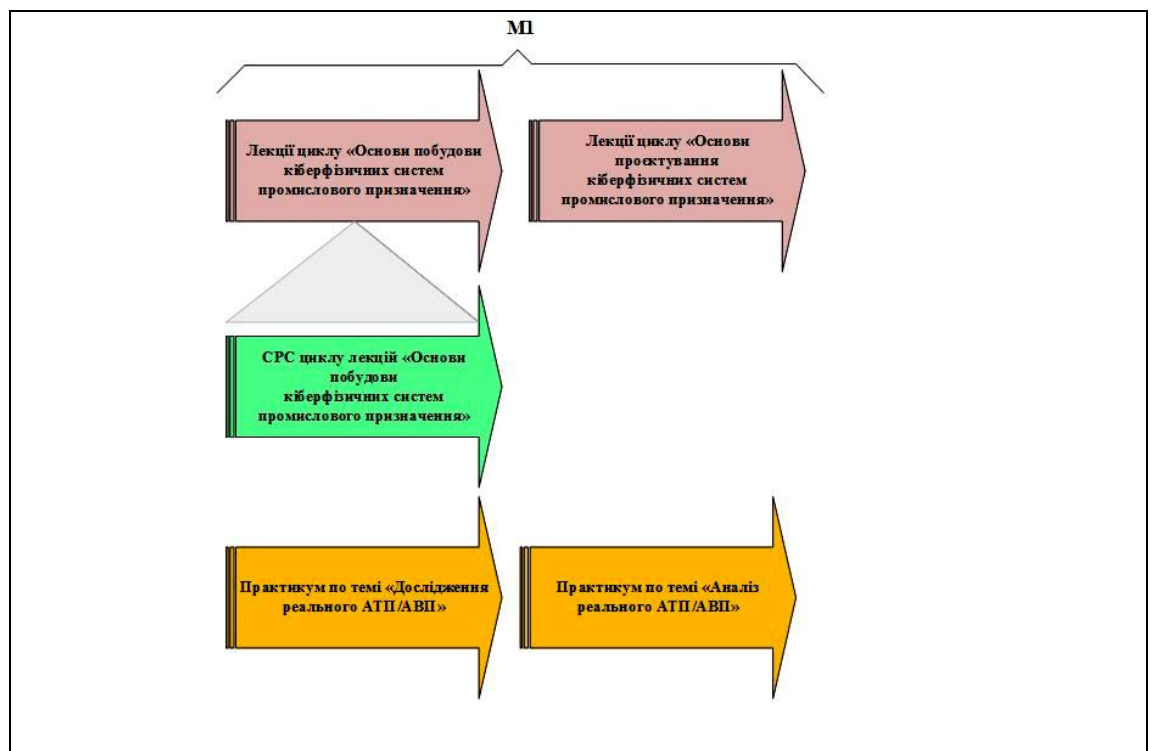


Рисунок 2.1 – Схема навчального процесу першого модуля
дисципліни

Як показано в частині 1 даної комплексної магістерської кваліфікаційної роботи, в ході лекцій викладач розкриває тему, демонструючи в он-лайн режимі новітні приклади реальних КФСПП з різних Інтернет-джерел та аналізуючи ці приклади щодо внутрішньої будови КФСПП з кожного розглянутого прикладу. При цьому викладач використовує науковий метод онтологічного аналізу інформації, яка міститься у цьому прикладі [22].

Логічно, що для глибшого розуміння матеріалу викладач може давати студентам індивідуальні завдання на самостійну роботу з аналогічного аналізу додаткових прикладів сучасних КФСПП. Тому відповідна діяльність студента в ході самостійної роботи буде пов'язана з процесом поступового осмислення вихідної інформації щодо конкретного прикладу реалізації КФСПП та її аналізу, в результаті чого студент отримає знання, які він сформував самостійно, а ці знання дуже цінні і залишаються у студента надовго.

Для забезпечення ефективного виконання студентом описаної діяльності і може бути корисною проєктована підсистема електронної підтримки. На рисунку 2.2 і додатку Б показана деталізована функціональна структура цієї підсистеми для підтримки самостійної роботи студента.

Студенту для виконання цієї діяльності підсистема електронної підтримки надає дві групи основних інструментів – «Інструменти перегляду вихідної інформації» та «Інструменти збереження результатів аналізу». Обидві ці групи інструментів доступні студенту через персональний кабінет у системі JetIQ ВНТУ. Перша група інструментів пов'язана з наявними «хмарними» сервісами платформи «Google», до яких студент отримує доступ через свій аккаунт «Account#1». Друга група інструментів пов'язана з офісними застосунками «Microsoft Office 365», які розгорнуті на «хмарній» платформі корпорації «Microsoft». До цієї групи інструментів студент отримує доступ через інший свій аккаунт «Account#2».

На платформі «Google» для реалізації даної діяльності студента використовуються такі її сервіси – «Google Translator», «Google YouTube», «Google Chrome» та «Google Drive». За допомогою усіх цих сервісів студент може ефективно досліджувати той Інтернет-ресурс, який містить інформацію про конкретну реалізацію новітньої КФСПП, яка побудована на основі застосування цифрових технологій (цифрові двійник, доповнена реальність, штучний інтелект, цифрове управління роботами і т. д.).

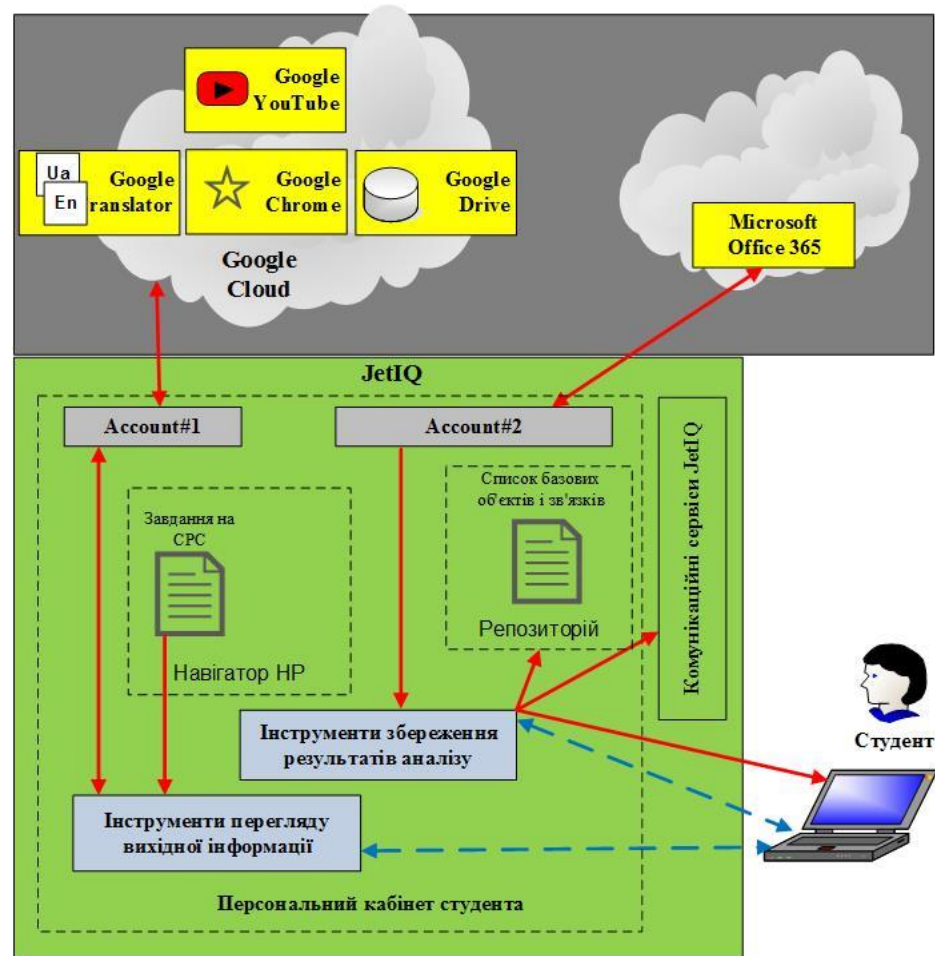


Рисунок 2.2 - Деталізована функціональна структура підсистеми підтримки самостійної роботи студента

Кожний приклад реалізації КФСПП, який знайшов викладач і додав у список індивідуальних завдань на СРС (зберігається у навігаторі навчального ресурсу «Промисловий Інтернет речей»), вивчається студентом за допомогою потрібного інструменту з групи «Інструменти перегляду вихідної

інформації» та аналізується з метою побудови відповідної класичної концептуальної онтологічної моделі (базові об'єкти та базові зв'язки між ними), яку можна сприймати як ідею внутрішньої побудови реальної КФСПП. Результат такого онтологічного аналізу для кожного розглянутого студентом прикладу практичної реалізації КФСПП зберігається у вигляді списку базових об'єктів та зв'язків у електронному вигляді. Для збереження цих результатів студент використовує один з офісних застосунків з платформи «Microsoft».

Електронний документ з описом класичної онтологічної моделі студент зберігає на своєму комп'ютері та у персональному репозиторії системи JetIQ, також надсилає через відповідний комунікаційний сервіс цієї системи для перевірки викладачу.

Тепер розглянемо суть студентської діяльності з онтологічного аналізу вихідної інформації, яку він переглядає на відповідному ресурсі Інтернет.

Для прикладу розглянемо можливий онтологічний аналіз деякої статті у науково-технічному журналі з якогось сайту Інтернету, що висвітлює питанням впровадження ідей «Індустрія 4.0» на виробництві. Далі у лапках наведений фрагмент цієї статті.

«Для реалізації системи «розумного виробництва» й концепції «Індустрії 4.0» потрібна велика кількість сучасних розробок, що включають у себе програмно-апаратний комплекс рішень. Мережа управління, на відміну від звичайної мережі, чутлива до часу проходження сигналу, а передача сигналів між комп'ютерами повинна відбуватися блискавично без яких-небудь затримок, щоб уникнути потенційного пошкодження продукції або травм персоналу. Чутливі до часу мережі організуються по провідній системі через кабелі Ethernet.

Використання Інтернету речей і адаптація даної технології для використання в промисловості (отримала назву «промисловий Інтернет речей») робить граничні кінцеві точки інтелектуальними, забезпечуючи

обмін даними між комп'ютерами по фізичній або бездротовій мережі, що дозволяє уникнути потенційних затримок і втрат при роботі через головний центр управління.

Використання даних, зібраних з датчиків і виходів обладнання підприємства, може бути використане для створення бази статистичних даних для подальшого прийняття рішень по процесах. Цей відкладений у часі аналіз використовується для обґрунтування довгострокових рішень і виявлення проблем більш високого рівня. ознаки нестабільної роботи, що вказують на очікувану найближчим часом відмову обладнання, тому може бути завчасно замінений, щоб запобігти обов'язкового простою всієї виробничої лінії.

Штучний інтелект у системах розумного виробництва обробляє дані, що надходять з датчиків і виходів обладнання, і робить відповідні дії залежно від результату обробки даних. На відміну від концепції великих даних, де дані збираються для подальшого аналізу, що проходить, як правило, у віддаленому Центрі обробки даних (ЦОД), штучний інтелект прагне негайно приймати рішення або посылати сигнал відповідальному персоналу, ґрунтуючись на поточних показаннях. Наприклад, можна використовувати системи комп'ютерного зору для визначення зон обмеженого доступу й подачі сигналу тривоги співробітникам охорони у випадку несанкціонованого проникнення в цю зону....».

В такому невеликому тексті студент вже може виявити цілу купу понять (базових об'єктів), які, по-перше, характеризують «розумне» виробництва та його системи автоматизації, по-друге, вказують на сучасні цифрові технології, які сьогодні дозволяють реалізовувати цифрову трансформацію виробництва. Усі ці характерні поняття та словосполучення в наведеному фрагменті тексту відмічені підкреслюванням. По суті, це вже перший результат проведеного студентського онтологічного дослідження. Далі він може проаналізувати ці поняття й словосполучення з метою їх структурування за певним правилом. Наприклад, можна поділити їх на такі

чотири групи – «Поняття (базові об'єкти), які означають базові елементи «розумного» виробництва чи систем автоматизації», «Поняття (об'єкти), які означають цифрову технологію», «Поняття, що є якісними ознаками «розумного» виробництва» та «Асоціації (зв'язки) між поняттями (об'єктами)».

Тоді до групи «Поняття (об'єкти), які означають базові елементи «розумного» виробництва чи систем автоматизації» з наведеного тексту можна віднести таке:

- «Мережа управління», її різновиди «Бездротова мережа», «Чутлива до часу мережа Ethernet»;
- «Інтелектуальна гранична кінцева точка», тобто пристрій;
- «База статистичних даних», «Центр обробки даних» .

До групи «Поняття (об'єкти), які означають цифрову технологію» з наведеного тексту можна віднести таке:

- «Інтернету речей»;
- «Промисловий Інтернет речей»;
- «Відкладений у часі аналіз», «...виявлення ознак нестабільної роботи обладнання, що вказують на очікувану найближчим часом відмову обладнання»;
- «Штучний інтелект»;
- «Великі дані»;
- «Система комп'ютерного зору».

До групи «Поняття, що є якісними ознаками «розумного» виробництва» з наведеного тексту можна віднести таке:

- «Безпечність» («...щоб уникнути потенційного пошкодження продукції або травм персоналу...», «...визначення зон обмеженого доступу й подачі сигналу тривоги співробітникам охорони у випадку несанкціонованого проникнення в цю зону...»);

- «Оперативність управління» («...дозволяє уникнути потенційних затримок; штучний інтелект прагне негайно приймати рішення...»);
- «Надійність» («...може бути завчасно замінений, щоб запобігти обов'язкового простою всієї виробничої лінії ...»);
- Розподілення функцій управління виробництвом («...робить граничні кінцеві точки інтелектуальними ...»).

До групи «Асоціації (зв'язки) між поняттями (об'єктами)» з наведеного тексту можна віднести таке:

- «База статистичних даних» - «Центр обробки даних»;
- «База статистичних даних» - «Великі дані»;
- «Штучний інтелект» - «Великі дані»;
- «Система комп'ютерного зору» - «Безпечність виробництва»;
- «Бездротова мережа» - «Надійність виробництва»;
- «Штучний інтелект» - «Оперативність управління виробництвом».

Розглянемо тепер інший приклад студентського онтологічного дослідження, яке проводиться ним по відеоролику, який пропонується сервісом «YouTube» [23]. Якщо студент буде уважно переглядати цей відеоролик, слухати текст диктора або читати автоматично створювані і перекладені титри, то він зможе скласти його стенограму, яка показана на рисунку 2.3.

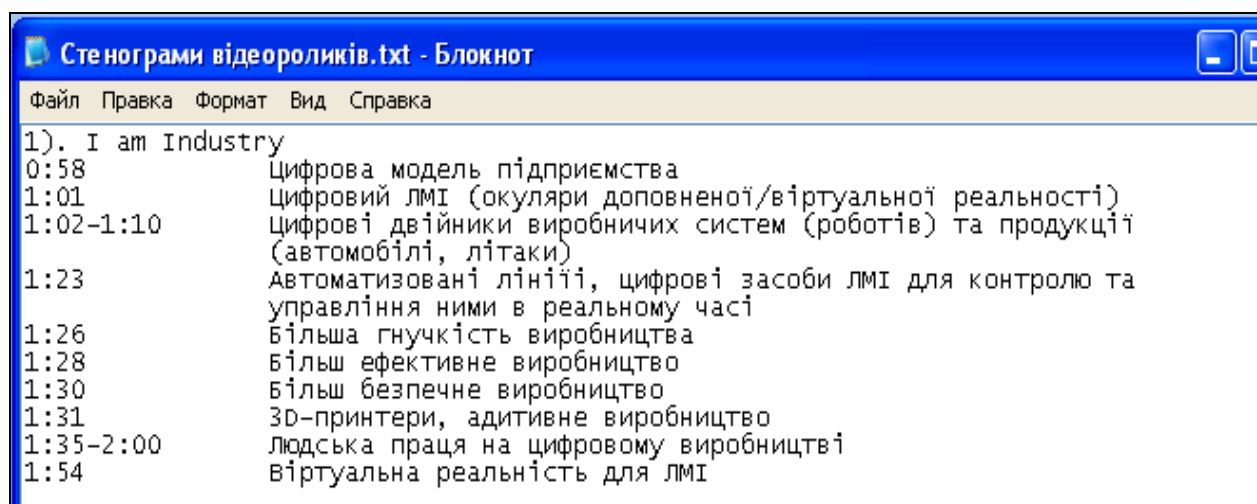


Рисунок 2.3 – Стенограма відеоролика «I am Industry» на сервісі «YouTube»

Нижче на рисунках 2.4-2.7 показані відповідні стоп-кадри цього відеоролика, на яких відображений той чи інший базовий об'єкт класичної онтологічної моделі КФСПП та відповідні відмітки часу, які і означені у списку на рисунку 2.3.



Рисунок 2.4 – Стоп-кадр з базовим об'єктом «Цифрова модель підприємства»

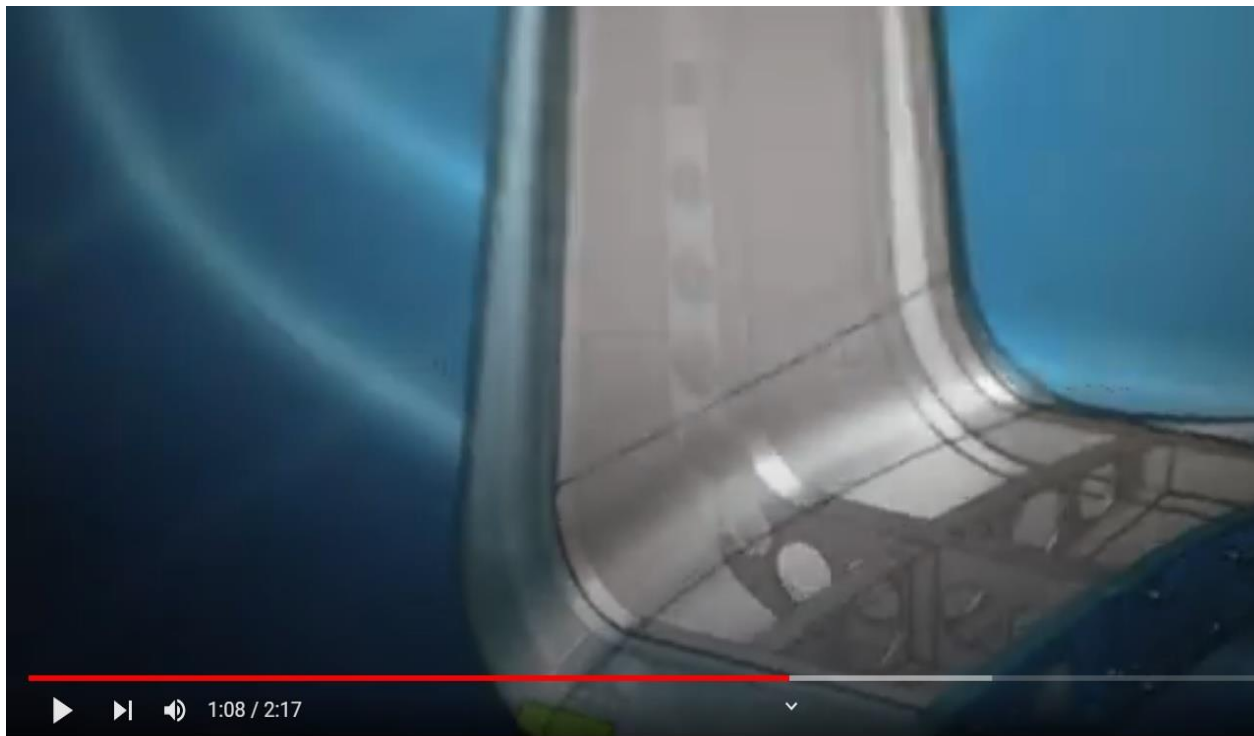


Рисунок 2.5 – Стоп-кадр з базовим об'єктом «Цифровий двійник продукції»



Рисунок 2.6 – Стоп-кадр з базовим об'єктом «3D-принтер»



Рисунок 2.7 – Стоп-кадр з базовим об'єктом «Людська праця на цифровому виробництві»

Усі означені в стенограмі поняття (об'єкти) предметної області «розумного» виробництва студент може в результаті їх онтологічного аналізу віднести до однієї з означених вище груп. До групи «Поняття (об'єкти), які означають базові елементи «розумного» виробництва чи систем автоматизації» з наведеного тексту можна віднести таке:

- «Автоматизовані лінії»;
- «3D-принтери»;
- «Людська праця».

До групи «Поняття (об'єкти), які означають цифрову технологію» з наведеного тексту можна віднести таке:

- «Цифрова модель підприємства»;
- «Цифровий ЛМІ (окуляри доповненої/віртуальної реальності)»;
- «Цифрові двійники виробничих систем (роботів) та продукції (автомобілі, літаки)»;
- «Адитивне виробництво».

До групи «Поняття, що є якісними ознаками «розумного» виробництва» з наведеного тексту можна віднести таке:

- «Більша гнучкість виробництва»;
- «Більш ефективне виробництво»;
- «Більш безпечне виробництво».

До групи «Асоціації (зв'язки) між поняттями (об'єктами)» з наведеного тексту можна віднести таке:

- «Людська праця» - «Окуляри доповненої/віртуальної реальності»;
- «Автоматизовані лінії» - «Цифрові засоби ЛМІ для контролю та управління ними в реальному часі» - «Людська праця»;
- «Більша гнучкість виробництва» - «3D-принтери»;
- «Більш ефективне виробництво» - «Адитивне виробництво»;
- «Цифрова модель підприємства» - «Цифрові двійники виробничих систем (роботів) та продукції (автомобілі, літаки)»

Проводячи за такою методикою онтологічний аналіз конкретного прикладу реалізації КФСПП, студент може поступово скласти перелік базових об'єктів цієї системи та зв'язків між ними, а також описати основні властивості, які має або ця КФСПП, або автоматизоване виробництво на її основі.

За допомогою виявлених студентом базових об'єктів конкретної реалізації КФСПП і базових зв'язків між ними можна відобразити загальну ідею побудови цієї КФСПП за допомогою графічної онтологічної моделі. На рисунку 2.8 показаний варіант такого зображення, яке студент в якості додаткового завдання на самостійну роботу може розробити за допомогою підсистеми електронної підтримки. Суть показаної на цьому рисунку ідеї КФСПП полягає в тім, що для індивідуального виготовлення кожної одиниці продукції на якійсь автоматизованій виробничій лінії, що складається з кількох роботизованих робочих станцій, використовуються індивідуальні цифрові мітки, закріплені на кожній одиниці продукції. Для зчитування інформації з цих міток на кожній роботизованій робочій станції

встановлений спеціальний зчитувач. Управління роботою автоматизованої лінії здійснюється програмою, яка працює на граничному сервері (edge server), і аналізує вихідну інформацію, отриману через промислову мережу з кожного зчитувача, і за заданим алгоритмом керує кожною

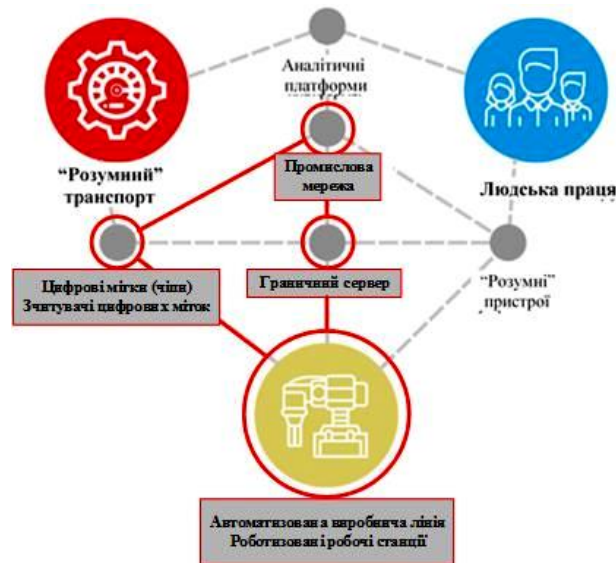


Рисунок 2.8 – Загальна ідея побудови КФСПП у вигляді графічної онтологічної моделі

роботизованою робочою станцією. Це і є основним результатом виконання самостійної роботи студента за темою «Основи побудови кіберфізичних систем промислового призначення». Далі на основі цього бачення КФСПП можна буде вже розробляти концептуальне рішення системи.

2.2 Підтримка студентського практикуму за темою «Дослідження реального АТП/АВП»

Як зазначено у розділі 1, студентський проектний практикум з даної дисципліни пов'язаний з вивченням процесу цифрової трансформації існуючого АТП/АВП шляхом поступового проектування студентами більш

досконалого АТП/АВП «розумного» цифрового виробництва на основі КФСПП (проектування загальної ідеї КФСПП, проектування концепції КФСПП, ескізне проектування КФСПП). В якості відправної точки такого студентського проектування використовуються комп'ютерні моделі реального АТП/АВП хімічного підприємства. Ці моделі в основному розробляє викладач за допомогою підсистеми електронної підтримки викладацької діяльності (дивись частину 1 даної комплексної магістерської кваліфікаційної роботи). Моделі складаються з графічної і текстової частин, які оформлені у вигляді навчально-методичних матеріалів. На рисунку 2.9 показаний приклад однієї з таких графічних моделей реального АТП.

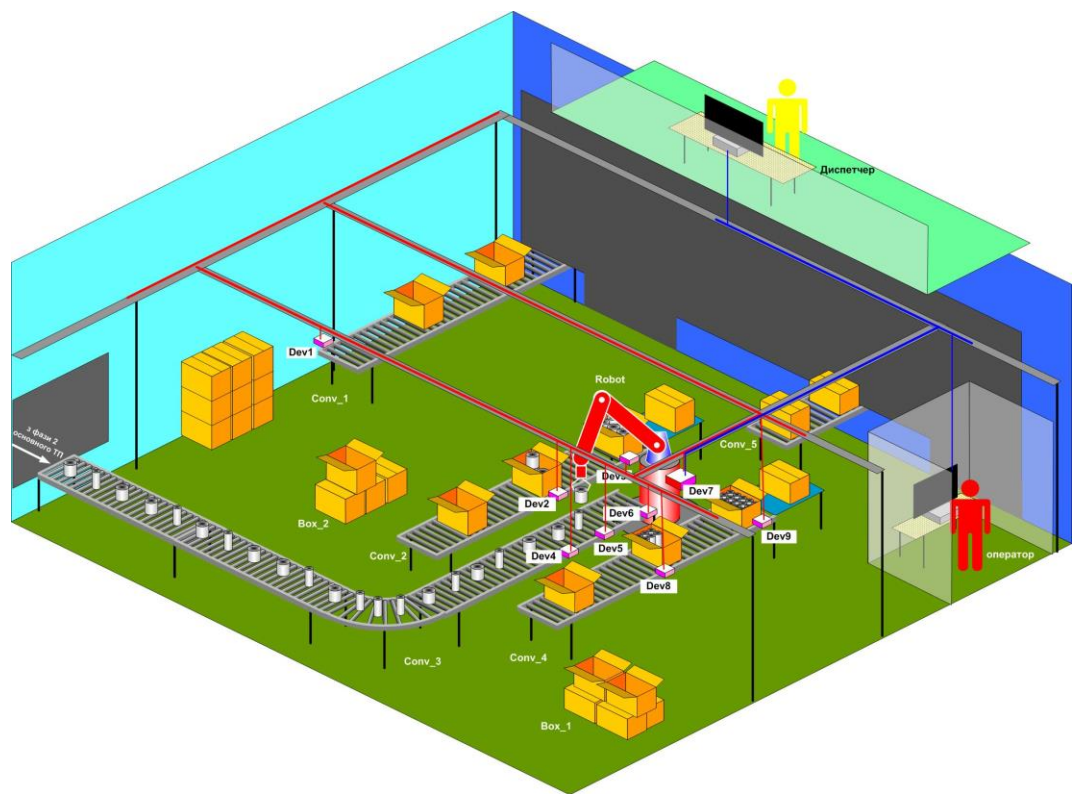


Рисунок 2.9 – Приклад графічної моделі реального АТП

Опишемо тепер загальне бачення процесу виконання студентом даного проєктного практикуму у вигляді його алгоритму, який показує взаємний зв'язок усіх робіт, що мають виконувати викладач і студент, та результати цих робіт (рисунок 2.10). Перед проєктним практикумом викладач

розробляє моделі реального ТП, ВП, АТП і АВП (графічну і текстову частини). Ці моделі повинні бути настільки деталізованими, щоб студент, вивчаючи їх, міг уявити собі цей реальний процес з усіма його особливостями, побачити позитивні і негативні моменти його організації та функціонування. Саме на основі цієї уяви студент зможе виконати наступний етап проєктного практикуму – аналіз реального процесу у порівнянні з властивостями «розумного» цифрового виробництва.

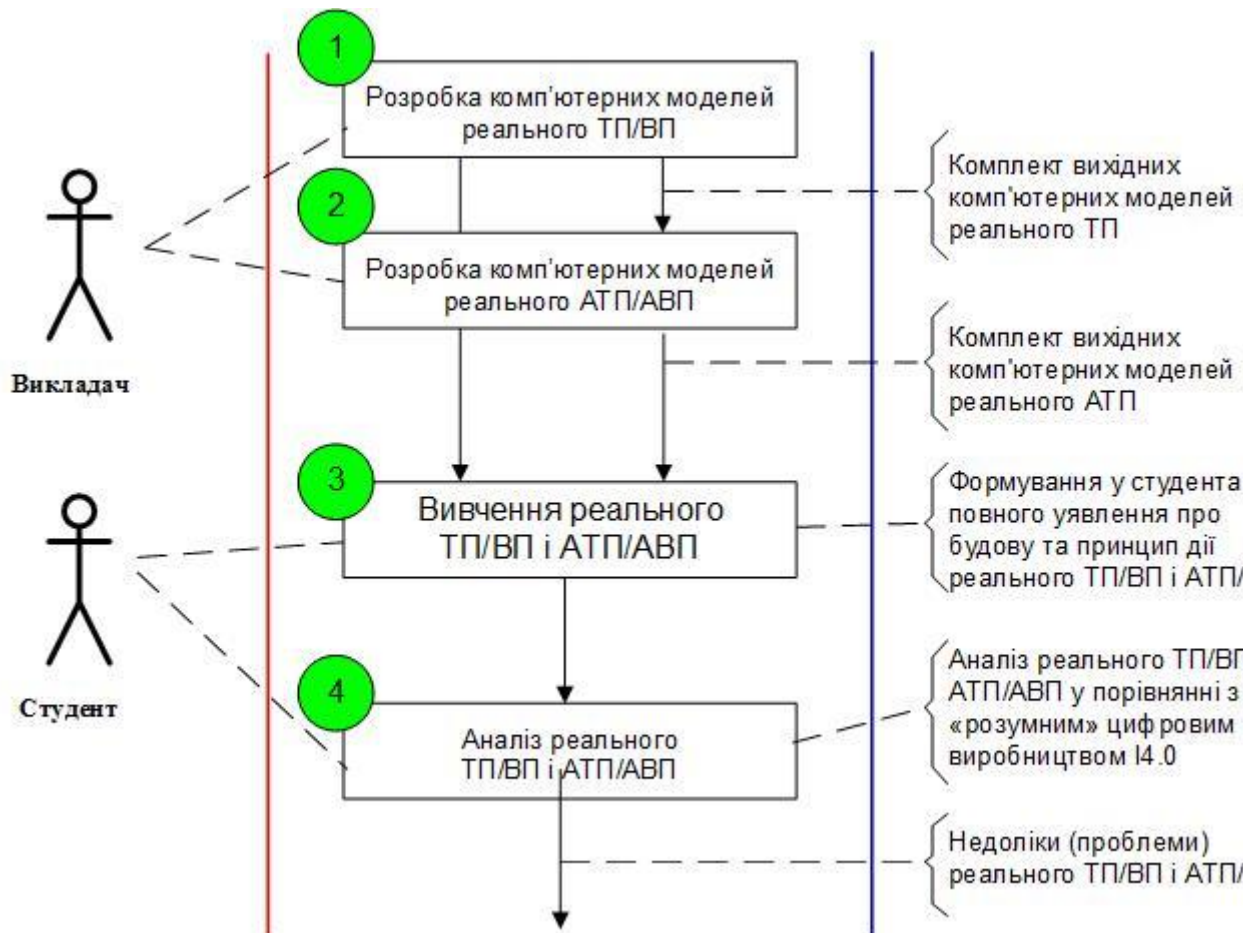


Рисунок 2.10 – Алгоритм послідовного виконання проєктного практикуму

Таким чином, від якості та повноти моделей реального процесу, а також, звичайно, від спроможності конкретного студента уявляти щось реальне лише по його моделі, і залежить успіх даного студентського проєктного практикуму.

Тому пропонується збільшити ймовірність виконання студентом цієї діяльності за рахунок покращення опису реального ТП/ВП та АТП/АВП. Для цього можна використати ті офісні інструменти, які надає платформа «Microsoft Office 365», наприклад такий застосунок як «PowerPoint» [25, 26]. За допомогою цього застосунку можна досить легко «оживити» графічні моделі реального ТП/ВП або АТП/АВП. В результаті такої діяльності викладача можна сформувати два пакети з описами реальних процесів – «Статичні моделі реальних процесів» та «Динамічні моделі реальних процесів».

Для розробки динамічних моделей реальних процесів викладач повинен зробити їх детальний аналіз, наприклад за допомогою технології IDEF3 [27].

На рисунку 2.11 показаний приклад такого аналізу якогось окремого реального процесу на хімічному виробництві, яке вивчається студентами.

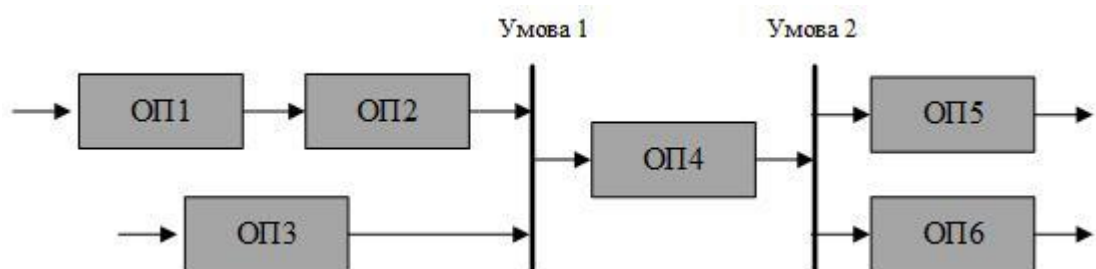


Рисунок 2.11 – Аналіз реального процесу за технологією IDEF3

Весь процес розділяється на окремі операції (ручні, машинні, автоматизовані, автоматичні і т. п.), які позначені на рисунку як «ОП». Процеси можуть йти паралельно у часі, а потім їх результати об'єднуються. Це об'єднання позначено на рисунку жирною вертикальною лінією з позначкою «Умова 1». Тобто продовження процесу можливе при виконанні цієї умови, наприклад, треба, щоб усі попередні операції завершилися одночасно. Далі процес може знову розгалужуватися на кілька потоків. На

рисунку це показано у вигляді розгалуження потоку робіт «Умова 2», яка може звучати так – «Подальші операції починаються одночасно».

В результаті такого детального аналізу всіх ТП/ВП та АТП/АВП на реальному хімічному виробництві викладач може розробити чисельні сценарії моделювання їх динаміки за допомогою застосунку «PowerPoint» і реалізувати ці сценарії інструментами технічної анімації цього застосунку.

На рисунках 2.12 – 2.14 показані приклади декількох динамічних моделей процесів реального хімічного виробництва у вигляді стоп-кадрів відповідних презентацій «PowerPoint».

Ці моделі динаміки відповідного процесу (ТП/ВП або АТП/АВП) дають більше інформації студенту для їх розуміння, що і забезпечить більш ефективне виконання студентом діяльності «Вивчення реального АТП/АВП», що потрібно студенту для подальшого аналізу цих процесів у порівнянні з І4.0 виробництвом.

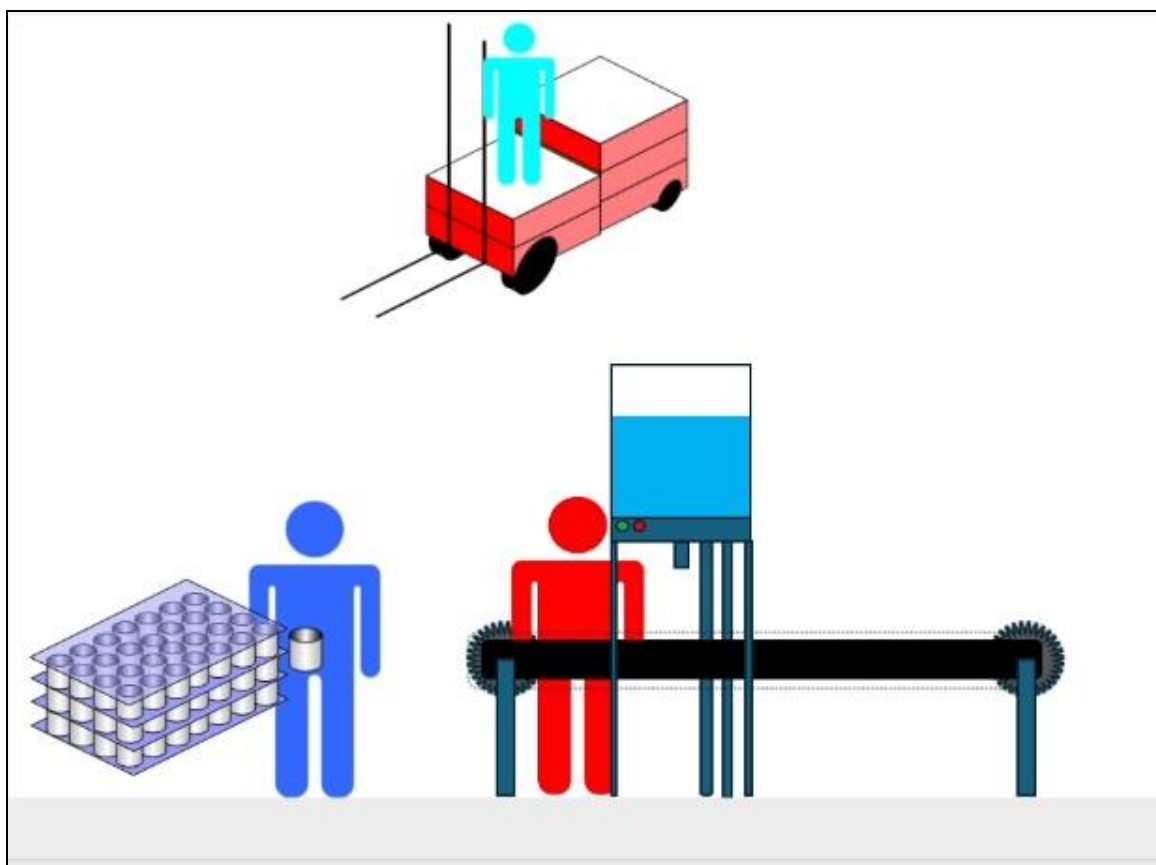


Рисунок 2.12 – Стоп-кадр презентації динаміки реального процесу 1

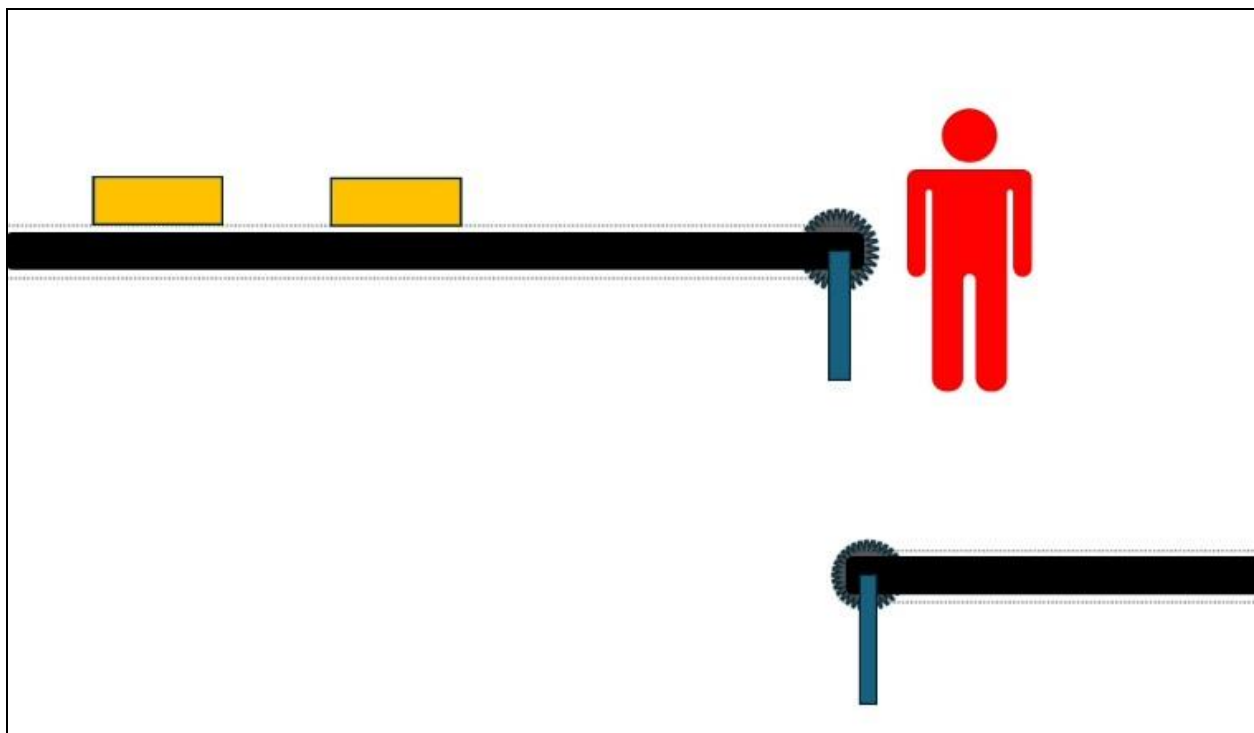


Рисунок 2.13 – Стоп-кадр презентації динаміки реального процесу 2

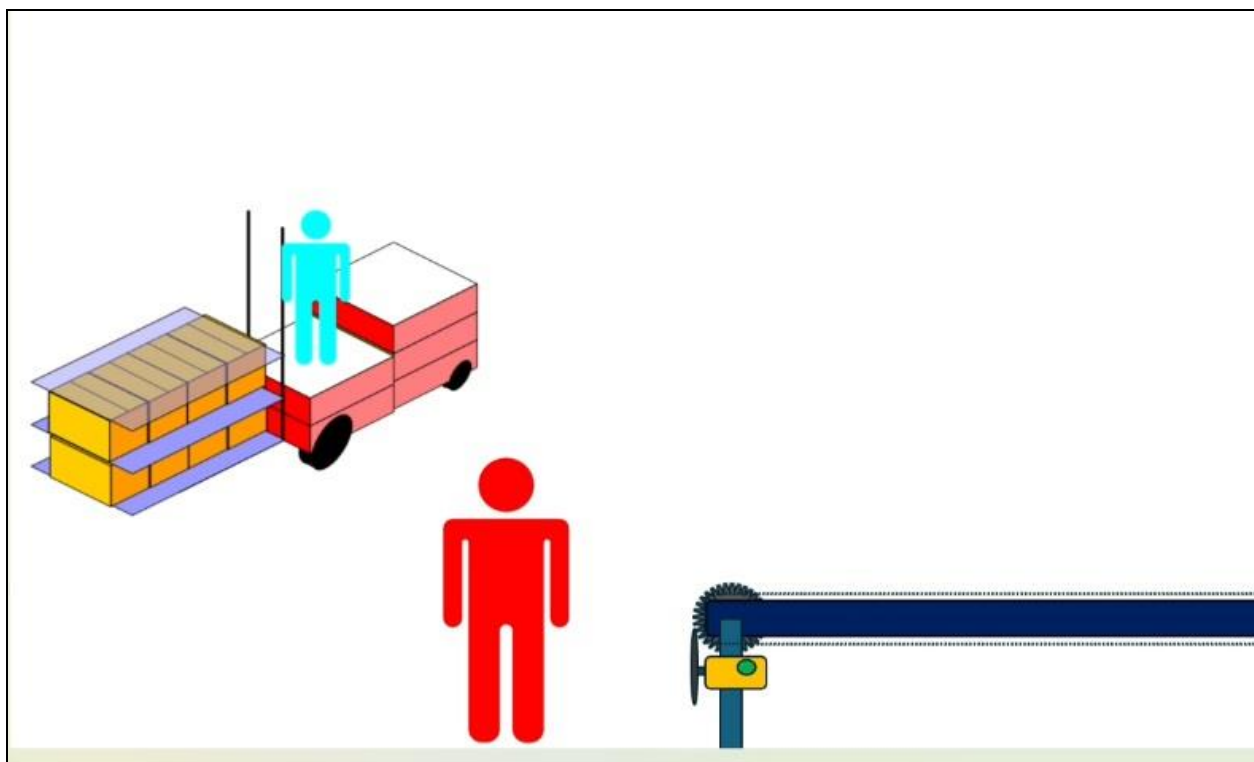


Рисунок 2.14 – Стоп-кадр презентації динаміки реального процесу 3

На основі цих додаткових моделей реальних процесів хімічного виробництва студент зможе за допомогою підсистеми електронної підтримки краще вивчити існуючі процеси хімічного виробництва і як наслідок – ефективніше виконати їх аналіз.

На рисунку 2.15 показана деталізована функціональна структура підсистеми електронної підтримки студентської діяльності у рамках проєктного практикуму за темою «Дослідження реального АТП/АВП».

Студенту для виконання цієї діяльності підсистема електронної підтримки надається група основних інструментів – «Інструменти перегляду описів моделей процесів». Ця група інструментів доступна студенту через персональний кабінет у системі JetIQ ВНТУ. Вона пов'язана з офісними застосунками «Microsoft Office 365», які розгорнуті на «хмарній» платформі корпорації «Microsoft». До цієї групи інструментів студент отримує доступ через свій аккаунт «Account#2».

Електронні файли з моделями реальних процесів зберігаються у двох папках «Статичні моделі процесів» та «Динамічні моделі процесів» у персональному репозиторії викладача, звідки вони публікуються у навігаторі навчального ресурсу (НР) «Промисловий Інтернет речей». Тому студент за допомогою відповідного офісного застосунку може переглядати ці електронні файли з описами моделей процесів згідно з індивідуальним завданням, яке йому видає викладач в рамках даного проєктного практикуму.

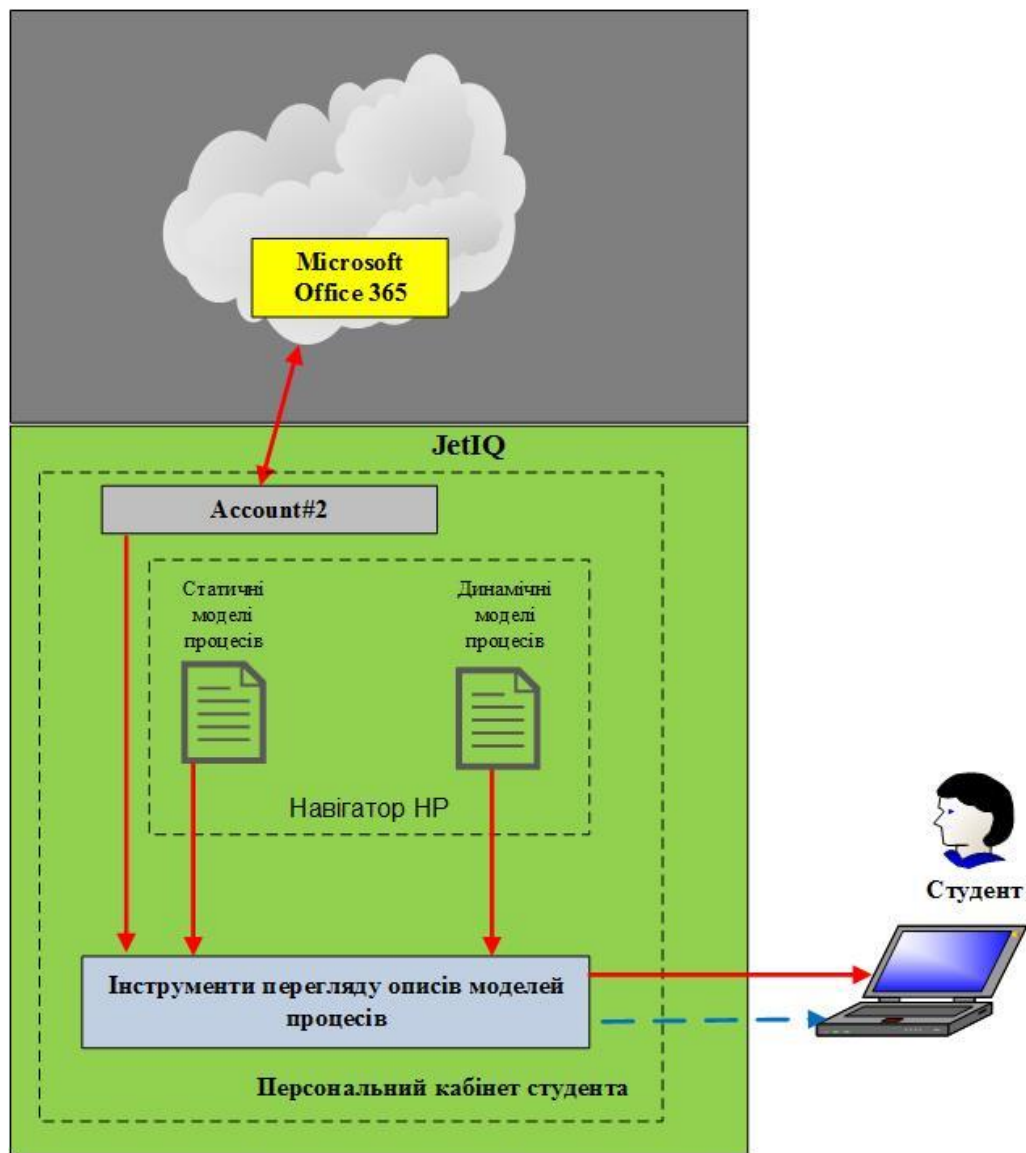


Рисунок 2.15 – Деталізована функціональна структура підсистеми підтримки студентської діяльності «Вивчення реального АТП/АВП»

В результаті перегляду відповідних моделей та їх осмислення у студента формується глибоке розуміння суті цих процесів та їх особливостей реалізації.

2.3 Підтримка студентського практикуму за темою «Аналіз реального АТП/АВП»

Даний практикум проводиться тоді, коли у студента буде сформоване глибоке розуміння відповідного реального процесу (ТП/ВП та АТП/АВП) і

він зможе ефективно порівнювати його з властивостями (ознаками), які притаманні більш досконалому процесу, реалізованому на «розумному» цифровому виробництві шляхом застосування відповідної КФСПП.

Перелік цих основних властивостей (ознак) такого виробництва поступово формується в ході лекційного курсу та самостійної роботи студента (див. підрозділ 2.1). В таблиці 2.1 наведений варіант такого переліку.

Таблиця 2.1 – Основні ознаки «розумного» виробництва, автоматизованого на основі КФСПП

Ознака	Коротка характеристика
1	2
Економічні ознаки	
Висока виробнича ефективність (КПЕ)	Конкуренція й споживчий попит впливають на показники ефективності та продуктивності виробництва. Одне з "простих" рішень підвищення ефективності – ощадливе виробництво, або швидкий вивід нової продукції на ринок. Більш складні рішення – зниження ризиків, удосконалювання процесів і прогнозування показників продуктивності за допомогою об'єднання потужних можливостей віртуального середовища й реального світу, де люди використовують машини для трансформації виробництва. Тобто для безперервного вдосконалювання виробництва потрібна постійна його оптимізація. При цьому недостатньо самого прагнення до безперервного вдосконалювання, а необхідні ресурси й технології для досягнення цієї мети.
Нові бізнес-моделі управління виробництвом	Засновані на тім, що цінність визначається не тільки самим виробом, але й знаннями й ноу-хау, які пов'язані із цим виробом. Успішними стають ті компанії, які оперативно впроваджують знання й ноу-хау серед своїх співробітників і в ланцюжках створення цінності. При цьому ці ланцюжки мають розгортатися у мережі, які об'єднуюватимуть можливості реального й віртуального світів для розробки, впровадження й спільного використання стійких інновацій, а також для безперервного вдосконалювання цих можливостей за допомогою аналітики користувальницького досвіду (горизонтальна інтеграція структурної моделі бізнесу – value networks).

Продовження таблиці 2.1

1	2
Висока якість продукції	Комплексне управління якістю в реальному часі в масштабі всього підприємства. Цифрова підтримка забезпечення якості, відстеження й доступу до історичних цифрових даних про деталі, процеси й ресурси. 3. Забезпечення швидких дій по усуненню неполадок і проблем з якістю.
Технічні/функціональні ознаки	
Цифрова виробнича система	Поеднує обладнання, системи, площадки, клієнтів і партнерів. В ній зібрані цифрові дані про розробку, навчання, виготовлення й торгівлю. Вона охоплює всі галузі економіки й суспільства. Цифровізація – це засіб одержання бажаного результату, а саме гнучкого виробництва, що приносить клієнтам відмінний результат, а власникам – більш високий прибуток. Наприклад, аналіз цифрових даних (поточних чи накопичених в системі) алгоритмами штучного інтелекту (AI) веде до поглиблення знань про виробничу систему та, як наслідок, до її подальшого вдосконалення.
Віртуалізація виробничого середовища	Віртуальне виробниче середовище, як правило, створюється й управляється на основі інфраструктури спеціальної віртуальної платформи. Ця інфраструктура дозволяє візуалізувати і контролювати у віртуальному середовищі те, що неможливо фізично побачити в реальному світі, - єдину промислову екосистему. При цьому новітні цифрові технології забезпечують можливість ефективної роботи у віртуальному виробничому середовищі.
Абсолютна гнучкість виробничих процесів	Споживчий попит може раптово змінитися, нові технології миттєво стають революційними і тому виробничі процеси повинні бути більш гнучкими й такими, що налаштовуються у відповідності зі змінами. При цьому оперативність - локальна або глобальна - стає вкрай важливою. Наприклад, швидкий вивід нової продукції на ринок є запорукою отримання максимальних прибутків. Знання типових потреб користувача й можливість адаптації до них продуктів і потоків операцій у реальному часі дають чимало переваг.
Децентралізація (Decentralization)	Перенесення децентралізованого та автономного прийняття рішень до машин та кіберфізичних систем, в тому числі, і до автономних системних елементів (модулі, системи обробки матеріалу та продукту), що розміщені де завгодно на рівні виробництва. Головною метою є надати кіберфізичним системам можливість приймати рішення без втручання

	централізованого управління (людини чи машини).
--	---

Продовження таблиці 2.1

1	2
Здатність до взаємодії (Interoperability)	Означає можливість розповсюдження технічної інформації поза (або між) системними компонентами «розумного виробництва». Така бізнес інформація може бути далі розповсюджена між виробничими підприємствами, постачальниками та покупцями (споживачами). Таким чином, «розумне виробництво» повинно легко підключатися до глобальної мережі аналогічних виробничих систем та цифрових ланцюгів поставок.
Висока стійкість (надійність)	Розвинені функції раннього попередження аварійних/нештатних виробничих подій та й прогнозного обслуговування виробничих активів.
Здатність до й безперервної нескінченної самооптимізації	Розвивається з метою адаптації до змінюваних бізнес-цілей організації. Наприклад, впроваджує адитивне виробництво, яке дає можливість самостійно виробляти унікальні компоненти й деталі, з меншими витратами. Кіберфізичні системи (Cyber-physical systems, CPS) відіграють ключову роль в цій постійній зміні технологій і процесу. Вони надають додаткових можливостей фізичним системам завдяки злиттю можливостей комп'ютерних обчислень і зв'язку з фізичними процесами. Наприклад, вони дають можливість реалізувати у фізичному світі значно складніші виробничі процеси.
Функціональна безпечність	У міру усе більш широкого впровадження нових технологій і мереж, все більшої інтеграції розумних підприємств, все більшого значення набуває високий рівень кібернетичної безпеки «розумного» виробництва.
Соціальні/суспільні ознаки	
Новий характер людської праці	Щоб використовувати весь потенціал Індустрії 4.0, необхідні зміни на ринку праці відповідно до мінливих вимог і, як результат, у концепціях навчання, тому що саме люди - ключовий фактор успіху. Конвергенції інформаційних (IT) і операційних технологій (OT) вимагає наявності висококваліфікованих фахівців – системних інтеграторів, які здатні продемонструвати свої уміння та знання в конкретних аспектах «підключеного підприємства». Хоча Industry 4.0 замінює більшість робочих місць автоматизацією, проте, вона також і створює багато робочих місць, але з іншим характером праці.
Екологічна безпечність	Скорочення кількості браку й відходів, що сприяє екологічно безпечнішій діяльності підприємства. Застосування більш екологічно безпечних процесів, що оптимально споживають енергоресурси й зменшують забруднення навколишнього середовища

Ергономічна безпе́чність	Повне усунення людської праці з небезпечних та тяжких процесів виробництва; надання працівникам вдосконалених засобів захисту від дії небезпечних виробничих факторів, комплексного моніторингу середовища та попереджувальної сигналізації.
Принципово нові продукти (продукція)	Створення та швидкий вивід на ринок товарів, що використовують або нові технології (літаючі такси, окуляри доповненої реальності), або вдовольняють новим потребам користувачів (електричні автомобілі, цифрові екскурсоводи, цифровий метавсесвіт), або вимагають використання при виготовленні нових технологій (3D-принтери металом або цифрове моделювання процесів).

Для такого навчального порівнювального аналізу треба розробити такий його алгоритм, який би враховував структурну будову виробництва, яка включає різні компоненти – процеси, обладнання, функції, дані тощо. Яку ж структурну будову слід вибрати в якості основи для виконання порівнювального аналізу – структуру існуючого реального АТП/АВП, створену за концепцією І3.0, чи структуру АТП/АВП «розумного» виробництва, створеного за концепцією І4.0? На наш погляд, буде більш доцільним взяти за взірець структурної будови саме кінцевий варіант АТП/АВП, тобто той, що має бути отриманий в результаті цифрової трансформації. По-перше, властивості «розумного» виробництва ідеально суміщаються саме з цією структурою, по-друге, відсутність якогось компоненту структури «І4.0» у складі структури існуючого АТП/АВП можна зразу вважати його недоліком, тобто у цьому випадку процес аналізу значно спрощується.

На даний час структурну будову «розумного» виробництва І4.0 регламентують декілька стандартних моделей, які називаються референтними [28-30]. Розглянемо одну з них, що орієнтована саме на промислове виробництво.

Референтна модель Reference Architecture Model for Industry 4.0 (RAMI 4.0) описує нейтральну щодо подальшої реалізації найкращу (рекомендовану) архітектурну модель для тих додатків, що використовують Інтернет Речей (ІоТ), аналітику великих даних та інші технологічні новації у

виробничих процесах і які відомі зараз під назвою «розумне виробництво», «інтелектуальне виробництво» та просто «Індустрія 4.0» (I4.0) [30]. Референтна модель надає загальну структуру та мову для пояснення та специфікації системної архітектури, що, відповідно, сприяє поліпшенню загального розуміння та системної взаємодії. При архітектурному описі цифрових виробничих платформ рівняння на референтну модель є дуже корисним, бо вона надає каркас для стандартизації відповідних технічних систем, від їх розробки, подальшої інтеграції і до їх дії.

Референтна модель RAMI 4.0, що показана на рисунку 2.16, базується на

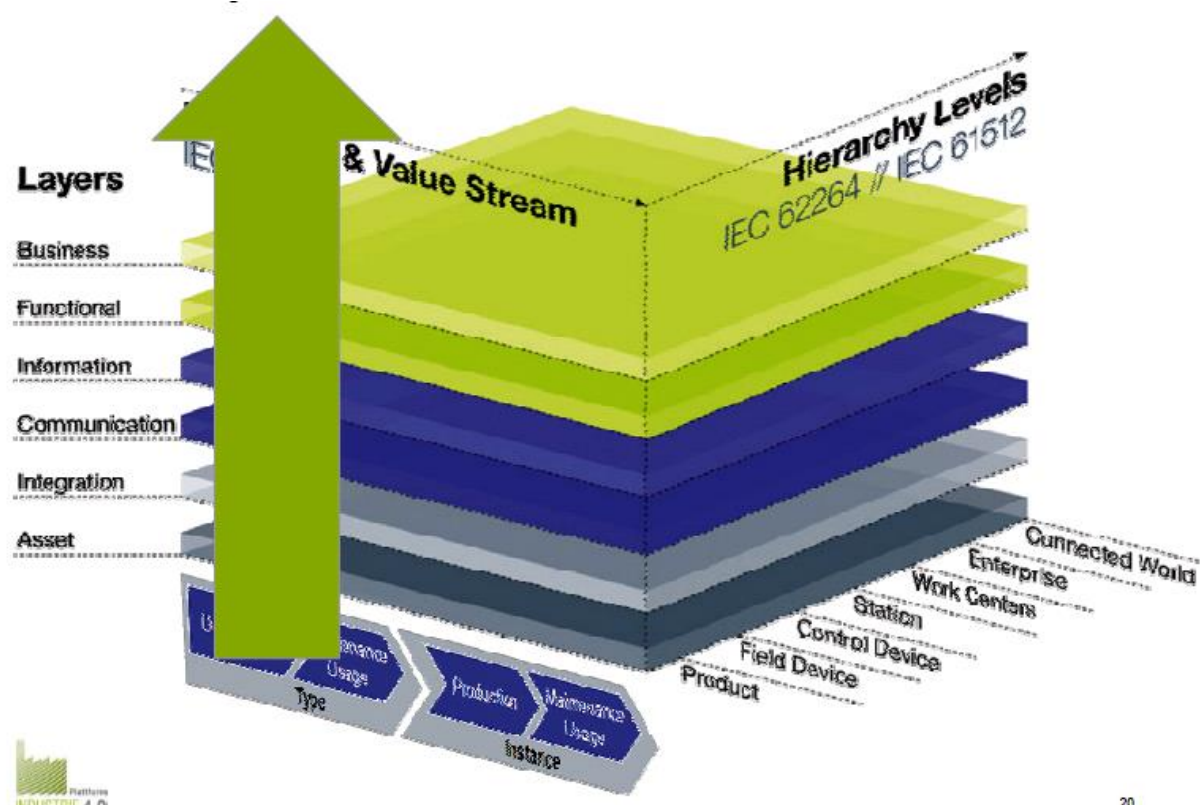


Рисунок 2.16 - Референтна архітектурна модель RAMI 4.0

трьохвимірній системі координат – «Шари» (Layers), «Життєвий цикл та потік формування цінності» (Life Cycle & Value Stream) та «Ієрархічні

рівні» (Hierarchy Levels). Ця структура може використовуватися для системної організації та

подальшої розробки концепцій та технологій в рамках I4.0.

Ця модель представляє будь-який технічний актив (ресурс) «розумної фабрики», що може бути відображений у цифровому світі, як компонент I4.0. Компонент I4.0 це є компонент виробничої системи, навіть у вигляді цифрових даних, здатний взаємодіяти з іншими компонентами I4.0 або системами через розповсюджені цифрові інтерфейси.

Шари архітектурної моделі RAMI4.0 організовані уздовж вертикальної осі і відображають різні керуючі шари інформаційних технологій (IT) проєкту конкретного I4.0 рішення КФСПП. В архітектурній моделі різні шари означені так:

- 1). Шар бізнесу (Business).
- 2). Функціональний шар (Functional).
- 3). Інформаційний шар (Information).
- 4). Шар комунікацій (Communication).
- 5). Шар інтеграції (Integration).
- 6). Шар активів (Asset).

Таким чином, в процесі цифрової трансформації реального хімічного АТП/АВП в якості структурних компонентів для його порівнювального аналізу можна використовувати ті архітектурні компоненти, що відображені на референтній моделі RAMI4.0, а саме:

– компоненти, що розміщуються на різних ієрархічних рівнях системи автоматизації (продукт, польовий пристрій, пристрій управління і т. д.);

– компоненти, що відображаються на різних шарах IT-представлення системи автоматизації (актив/ресурс, інтеграція, комунікація, інформація, функціонал, бізнес);

– компоненти, що відображають різні процеси у часі (розробка типу продукту/системи, обслуговування типу продукту/системи, виробництво

екземпляру продукту/системи, обслуговування екземпляру продукту/системи і т.д.).

Послідовність пошуку вказаних компонентів в існуючому реальному АТП/АВП, їх порівнювальний аналіз з властивостями «розумного» виробництва та означення виявлених недоліків має проводитись студентом у певному порядку.

На рисунку 2.17 та в додатку Б наведений алгоритм виконання студентом за участі викладача даної стадії цифрової трансформації, який пропонується використання у даному студентському практикумі.

Як було вже означено вище, студент починає виконувати дану стадію цифрової трансформації, маючи повне уявлення про реалізацію реального ТП/ВП та АТП/АВТ на хімічному підприємстві, яке студент сформував, вивчаючи різні комп'ютерні моделі цих реальних процесів на попередній стадії проєктного практикуму «Вивчення реального АТП/АВП». Це вивчення студент виконує для того процесу, яке завданий йому викладачем.

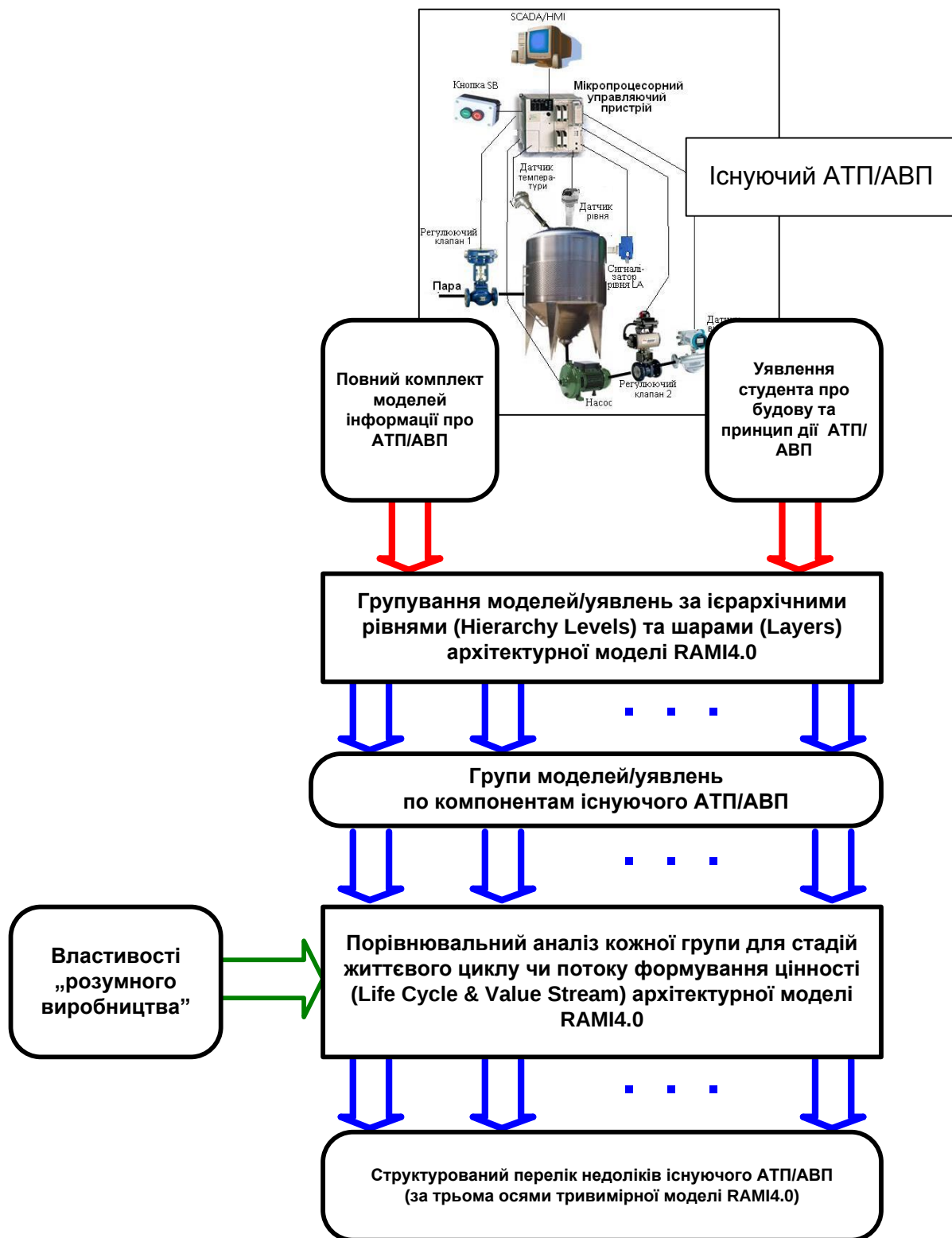


Рисунок 2.16 – Алгоритм виконання стадії «Аналіз існуючого АТП/АВП»

В першу чергу студент повинен згрупувати усі наявні в реальному АТП/АВП архітектурні компоненти по двом осях архітектурної моделі RAMI4.0 – «Ієрархічні рівні» (Hierarchy Levels) та «Життєвий цикл та потік формування цінності» (Life Cycle & Value Stream). В результаті він отримає комплект груп компонентів існуючого реального АТП/АВП, кожна з яких має своє призначення (роль) у системі автоматизації, тобто забезпечує потрібну її властивість (властивості). На рисунку 2.17 показаний приклад такого групування компонентів конкретного АТП/САВП.

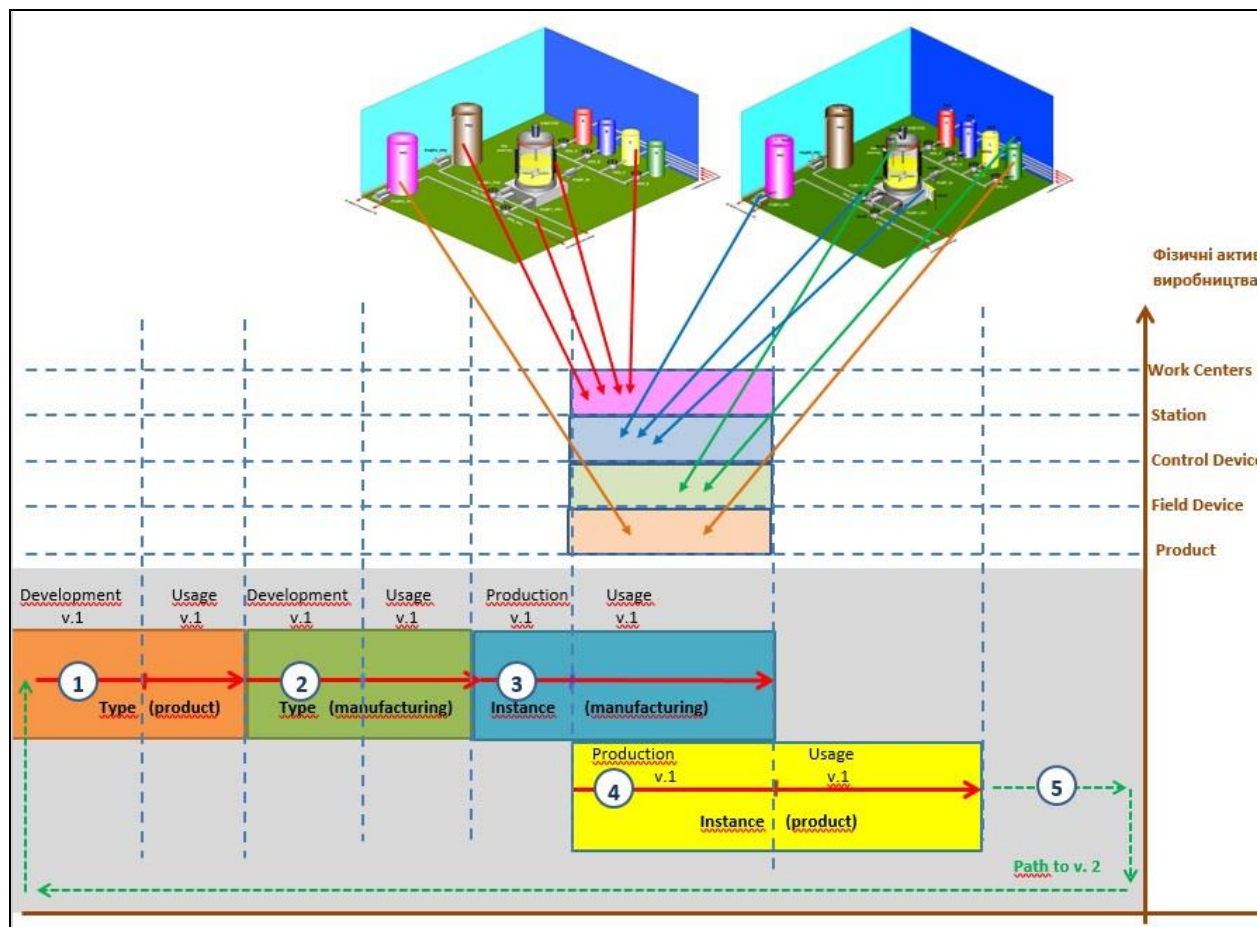


Рисунок 2.17 – Принцип групування компонентів реального АТП/АВП для подальшого порівнювального аналізу

Далі студент має розглядати кожний компонент у кожній групі послідовно та виконувати порівняння властивостей окремого компоненту або групи компонентів з властивостями (ознаками) «розумного» виробництва.

В результаті формується перелік виявлених недоліків (проблем) реального АТП/АВП в цілому чи його окремих компонентів/груп компонентів, які можна далі усунути шляхом проєктування та впровадження відповідної КФСПП.

Для підвищення навчального ефекту цієї студентської діяльності пропонується давати студентам індивідуальне завдання з розробки відповідної динамічної моделі для наочного відображення того недоліку (проблеми) реального АТП/АВП, який студент виявив в результаті аналізу.

На рисунку 2.18 показаний варіант роботи такої моделі у вигляді стоп-кадру презентації «PowerPoint».

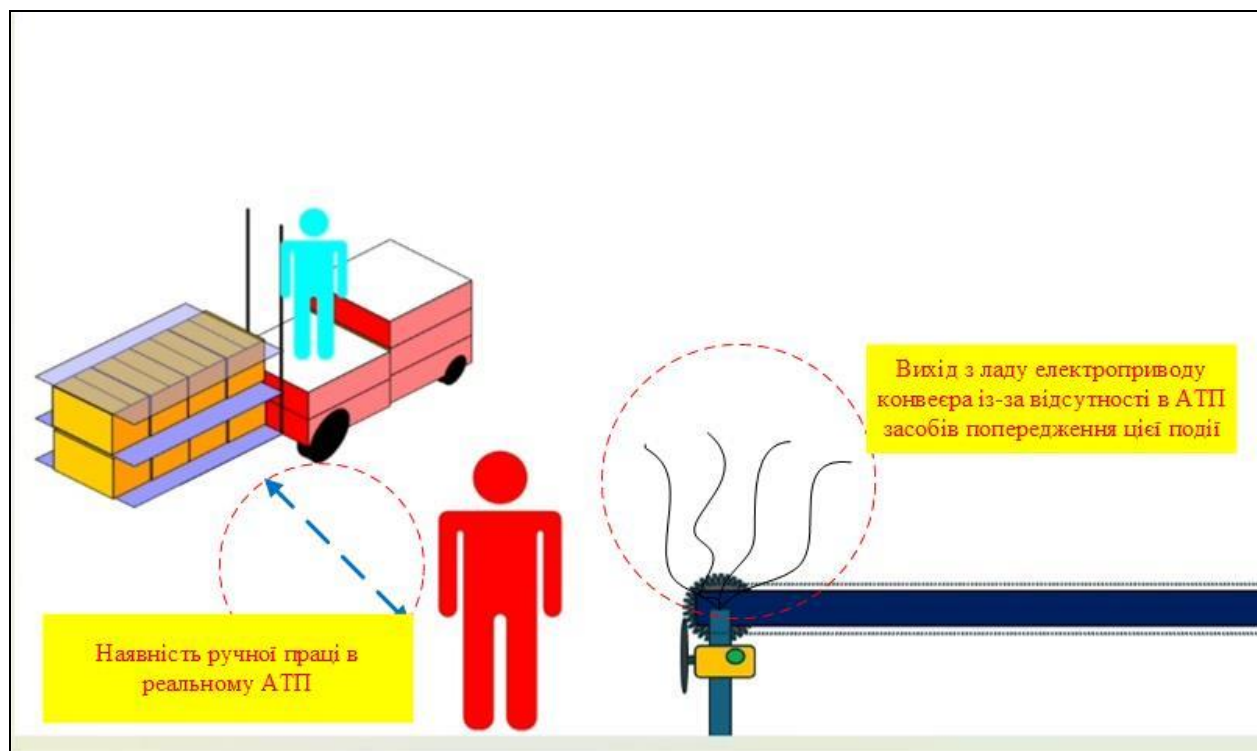


Рисунок 2.18 – Стоп-кадр моделювання студентом проблемної ситуації у презентації «PowerPoint»

Для забезпечення виконання такої студентської діяльності треба доповнити функціонал підсистеми електронної підтримки. На рисунку 2.19 наведена відповідна функціональна структура підсистеми підтримки діяльності студента з моделювання динаміки наявної проблеми у реальному АТП/АВП.

Студенту для виконання цієї діяльності підсистема електронної підтримки надається група основних інструментів – «Інструменти розробки моделей динаміки реального процесу». Ця група інструментів доступна студенту через персональний кабінет у системі JetIQ BHTU. Вона пов'язана з офісними застосунками «Microsoft Office 365», які розгорнуті на «хмарній» платформі корпорації «Microsoft». До цієї групи інструментів студент отримує доступ через свій аккаунт «Account#2».

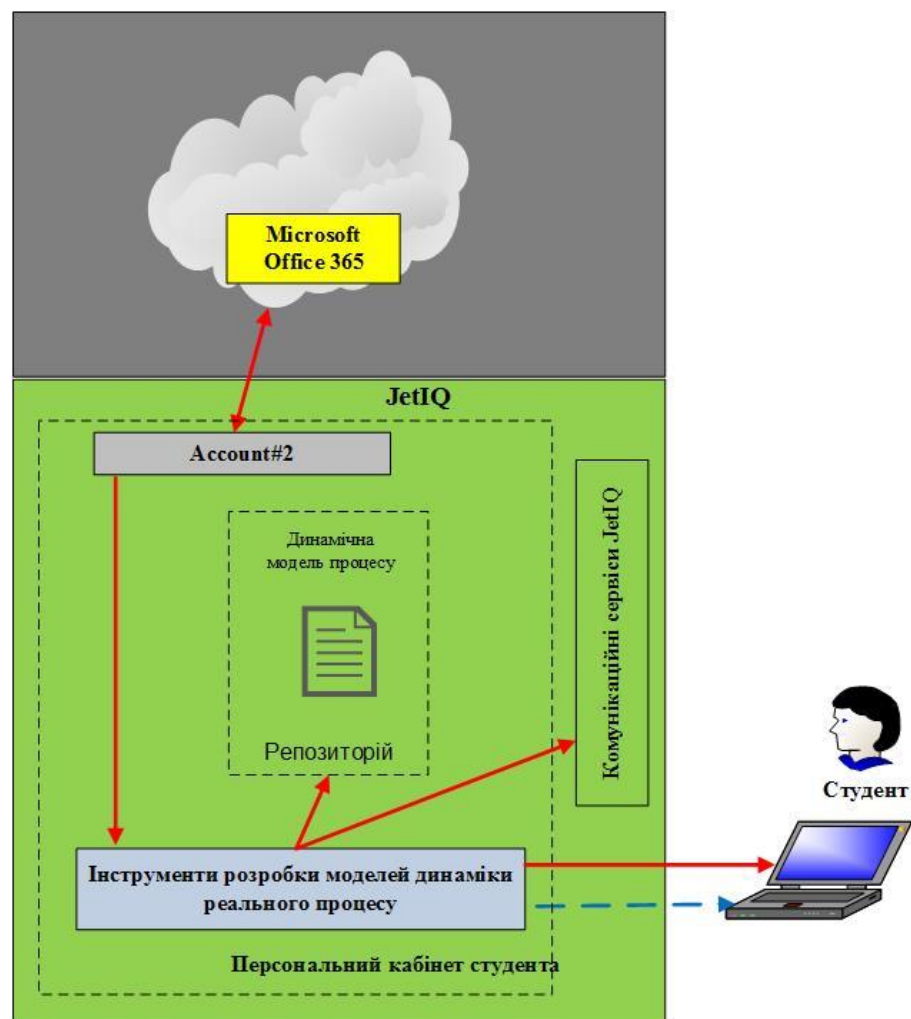


Рисунок 2.19 – Деталізована функціональна структура підсистеми підтримки діяльності студента з моделювання динаміки наявної проблеми АТП/АВП

Електронний файл з динамічною моделлю проблемною ситуацією реального АТП/АВП, що розробляється студентом за допомогою відповідного офісного додатку «Microsoft Office 365», зберігається у персональному репозиторії студента, звідки за допомогою відповідного комунікаційного сервісу системи JetIQ ВНТУ для перевірки викладачем зробленого індивідуального завдання проєктного практикуму «Аналіз реального АТП/АВП».

2.4 Висновки до розділу

В ході виконання науково-дослідних робіт в рамках даного розділу комплексної магістерської кваліфікаційної роботи була спроектована підсистема електронної підтримки студентської діяльності у першому навчальному модулі дисципліни «Промисловий Інтернет речей», а саме розроблений функціонал підтримки виконання СРС за темою «Основи побудови кіберфізичних систем промислового призначення», студентського практикуму за темою «Дослідження реального АТП/АВП» та студентського практикуму за темою «Аналіз реального АТП/АВП».

Результати цих проєктних робіт ілюстровані різними прикладами реалізації студентської діяльності за допомогою підсистеми електронної підтримки.

З ПРОЄКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ СТУДЕНТСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ДРУГОМУ НАВЧАЛЬНОМУ МОДУЛІ

3.1 Підтримка практикуму по темі «Пошук способу цифрової трансформації реального АТП/АВП»

Згідно зі схемою організації навчального процесу дисципліни «Промисловий Інтернет речей» у другому навчальному модулі студенти на практиці повинні спочатку обґрунтувати вибір способу цифрової трансформації того самого реального АТП/АВП, який вони аналізували в рамках практикуму першого навчального модуля, тобто розробити ідею цифрової трансформації на основі КФСПП, а потім спроектувати цю КФСПП на рівні її концептуального рішення та архітектури програмного забезпечення.

На рисунку 3.1 показана загальна схема виконання студентом відповідних діяльностей в ході описаного практикуму другого навчального модуля. Реальний АТП/АВП, який аналізує студент на практикумі першого навчального модуля, побудований за концепцією «Індустрія 3.0» («I3.0») і тому має багато суттєвих недоліків у порівнянні з «розумним» цифровим АТП/АВП. Саме ці недоліки студент і виявляв на попередній стадії проєктування. В ході другого навчального модуля студент повинен запропонувати спосіб цифрової трансформації реального АТП/АВП і отримати проєкт більш досконалого АТП/АВП, побудованого вже за концепцією «Індустрія 4.0» («I4.0») на основі КФСПП. Даний етап проєктування студент повинен виконувати самостійно, але викладач має обов'язково надавати йому відповідну допомогу у вигляді навчально-методичних матеріалів, консультації та додаткові роз'яснення.

На першому етапі студент повинен намітити шляхи вдосконалення існуючого АТП/АВП, вибравши відповідний спосіб його цифрової трансформації, заснований на застосуванні конкретної цифрової технології/технологій.. Щоб кваліфіковано здійснити цей вибір студент

обов'язково повинен ретельно дослідити предметну область промислової автоматизації на основі КФСПП,

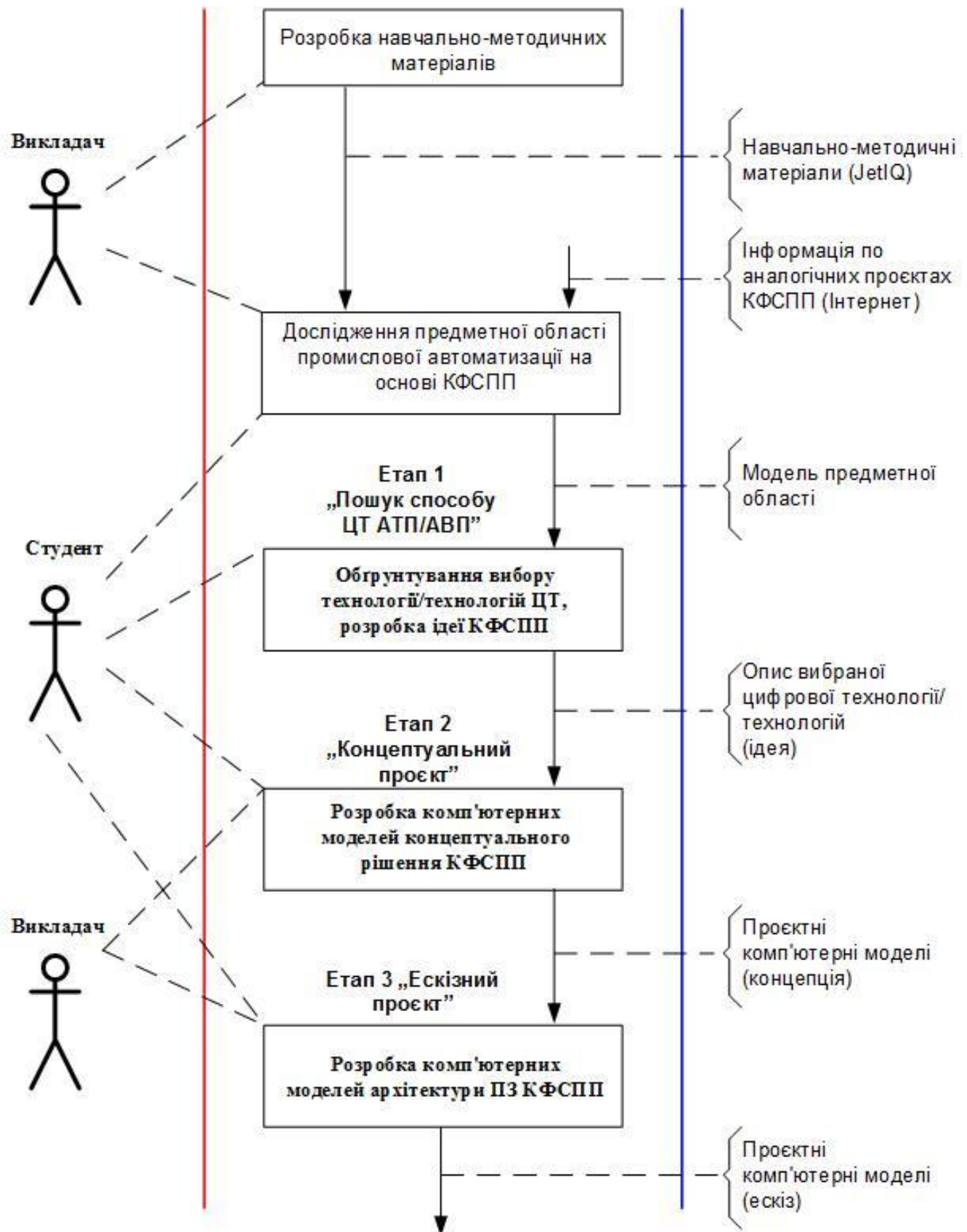


Рисунок 3.1 – Схема виконання студентського проєктного практикуму у
другому навчальному модулі дисципліни

використовуючи при цьому як доступні ресурси Інтернет, так і наявні навчально-методичні матеріали, надані викладачем, який розробив їх в рамках своєї діяльності, що описана у частині 1 даної комплексної магістерської кваліфікаційної роботи. Коли потрібна технологія (технології) цифрової трансформації реального АТП/АВП буде обґрунтовано вибрана, то студент зможе відповідним чином представити ідею нової КФСПП формі електронного документу, який буде містити загальний опис будови цієї КФСПП та задачі, які ця система автоматизації має виконувати на «розумному» цифровому виробництві.

Далі студент переходить до виконання наступного етапу – «Розробка концепції КФСПП». На цьому етапі для представлення свого бачення цієї концепції студент може використовувати як доступні «хмарні» сервіси цифрового моделювання того чи іншого виду, так і наявні локальні програмні засоби такого моделювання. Готовий проєкт, що відображає запропоноване концептуальне рішення цифрової трансформації існуючого АТП/АВП шляхом впровадження КФСПП, надсилається викладачу для перевірки через систему JetIQ ВНТУ..

Після отримання позитивної оцінки проєкту концепції КФСПП студент на основі цього проєктного рішення продовжує проєктування, виконуючи наступний його етап – «Розробка ескізного проєкту КФСПП». Цей етап характеризується більшою деталізацією проєктних рішень і також передбачає активне використання студентом як доступних «хмарних» сервісів цифрового моделювання того чи іншого виду (наприклад з цифровою симуляцією поведінки трансформованого АТП/АВП), так і наявних локальних програмних засобів такого моделювання. Результатом діяльності студента на цьому етапі стане ескізний проєкт КФСПП для цифрової трансформації реального АТП/АВП, який повинен бути представлений у архітектури програмного забезпечення нової КФСПП. При цьому розроблені студентом комп'ютерні моделі даного ескізного проєкту повинні мати формат, що дозволяє викладачу без проблем переглядати їх або на своєму

комп'ютері через систему JetIQ ВНТУ. Таким чином, ескізний проєкт стає заключним результатом практичного вивчення студентом цифрової трансформації існуючого реального АТП/АВП в рамках проєктного практикуму дисципліни «Промисловий Інтернет речей».

Спроекуємо функціонал підсистеми електронної підтримки студентської діяльності в рамках описаного студентського проєктного практикуму.

У першому розділі роботи за допомогою концепції цієї підсистеми були окреслені тільки основні ці функції. На рисунку 3.2 показана більш детальна функціональна структура підсистеми електронної підтримки, яка забезпечує ефективне виконання студентом діяльності «Дослідження предметної області промислової автоматизації на основі КФСПП».

.

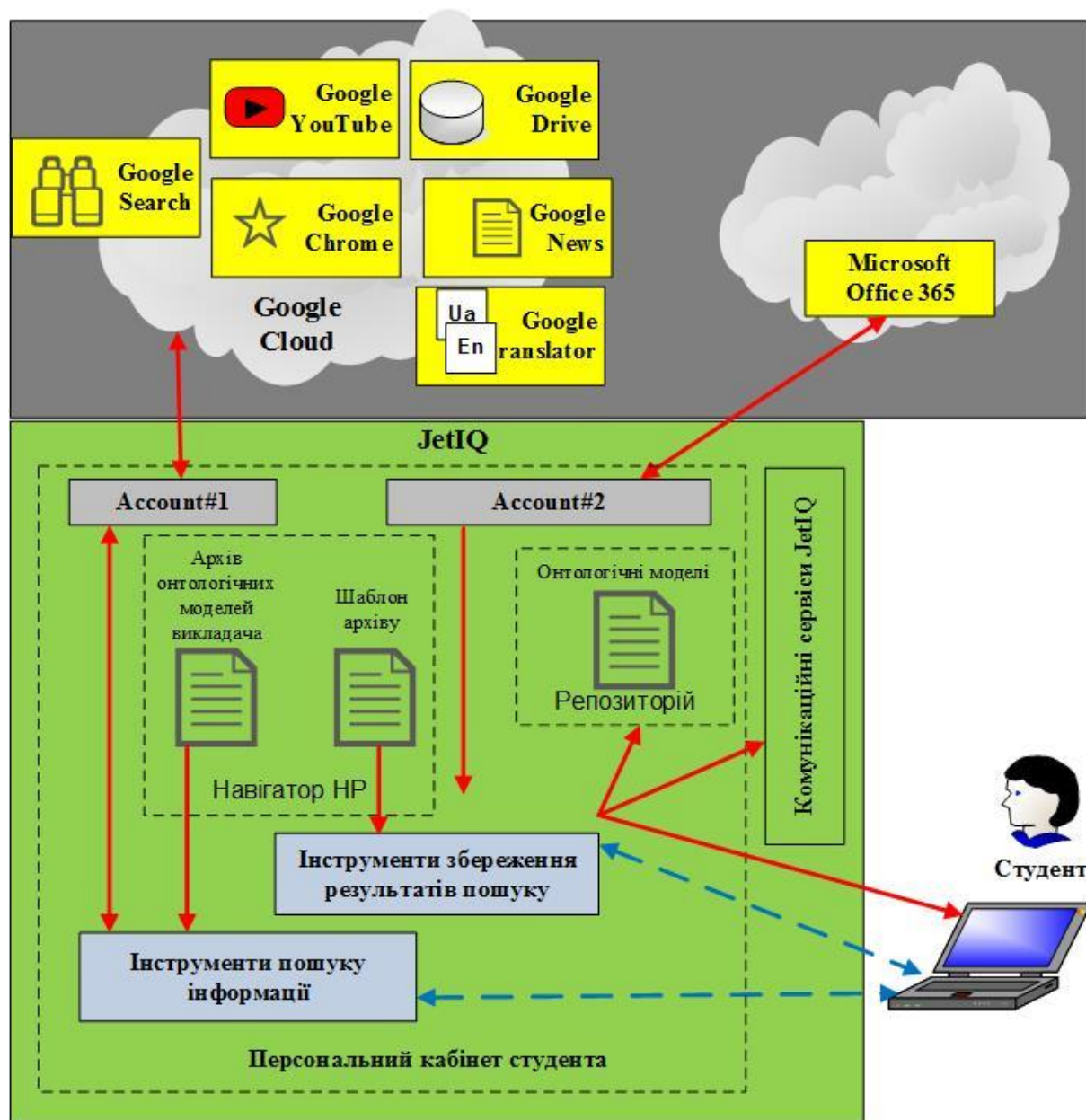


Рисунок 3.2 – Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності «Дослідження предметної області промислової автоматизації на основі КФСПП»

Студенту для виконання цієї діяльності підсистема електронної підтримки надає дві групи основних інструментів – «Інструменти пошуку інформації» та «Інструменти збереження результатів пошуку». Обидві ці групи інструментів доступні студенту через його персональний кабінет у системі JetIQ ВНТУ.

Перша група інструментів пов'язана з потрібними «хмарними» сервісами платформи «Google», до яких студент отримує доступ через свій аккаунт «Account#1». Друга група інструментів пов'язана з офісними застосунками «Microsoft Office 365», які розгорнуті на «хмарній» платформі корпорації «Microsoft». До цієї групи інструментів студент має доступ через інший свій аккаунт «Account#2».

На платформі «Google» для реалізації даної діяльності студента використовуються такі її сервіси – «Google Search», «Google Translator», «Google YouTube», «Google Chrome», «Google News» та «Google Drive». За допомогою усіх цих сервісів студент може ефективно досліджувати предметну область «Індустрія 4.0» та знаходити інформацію про приклади практичної реалізації КФСПП у технологічному чи виробничому процесі, який аналогічний тому реальному АТП/АВП, що студент аналізував у практикумі першого навчального модуля.

Кожний знайдений приклад реалізації КФСПП вивчається студентом та ретельно аналізується з метою подальшої побудови відповідної концептуальної онтологічної моделі, яка відобразить внутрішній устрій цієї системи. Ця модель наочно може показати суть загального рішення цієї КФСПП, тобто її ідею. Результат такої розробки концептуальної онтологічної моделі для кожного знайденого прикладу практичної реалізації КФСПП студент зберігає у електронному вигляді. Для збереження цих результатів студент використовує файл шаблону архіву онтологічних моделей, який розроблений викладачем на основі офісного застосунку Excel (описаний у першій частині даної комплексної магістерської кваліфікаційної роботи), і вводить туди усю інформацію про складові об'єкти та зв'язки між ними для конкретного прикладу реалізації КФСПП. В результаті студент отримає електронний документ, що містить усі вихідні дані концептуальної онтологічної моделі конкретної реалізації КФСПП. Цей документ студент зберігає на своєму комп'ютері або у персональній репозиторії системи JetIQ, а також через комунікаційні сервіси цієї системи надсилає до

викладача, який зможе його перевірити і, якщо знайде за потрібне, додати цей опис онтологічної моделі у свій архів онтологічних моделей, який він розміщує у навігаторі навчального ресурсу «Промисловий Інтернет речей».

Цей архів онтологічних моделей викладача також доступний для студента в плані пошуку в ньому потрібної йому інформації про приклади практичної реалізації КФСПП у процесах, що аналогічні АТП/АВП, який студент трансформує в ході проєктного практикуму. Для того, щоб здійснювати такий пошук у даному архіві студенту треба надати відповідний інструмент пошуку, який має бути включений у групу «Інструменти пошуку інформації» на рисунку 3.2. Крім того, форма представлення концептуальної онтологічної моделі у електронній таблиці Excel не дуже зручна для сприйняття, тому треба вдосконалити відповідний інструмент відображення для студента результатів пошуку у архіві онтологічних моделей викладача.

Розробимо концепцію такого інструменту, який полегшить студенту пошук та перегляд описів онтологічних моделей, які зберігаються в електронній таблиці архіву.

По-перше, опис кожної з цих моделей в архіві зберігається на чотирьох листах, кожний з яких описує окремий шар концептуальної онтологічної моделі. Концепція графічного представлення такої моделі показана на рисунку 3.3.

В якості відправної точки її будування вибране класичне означення кіберфізичної системи (КФС) промислового призначення, яка є фундаментом промислової автоматизації І4.0, – «Кіберфізична система промислового призначення – це людська праця, «розумні» машини й транспорт, інтегровані в єдиному цифровому просторі за допомогою мереж, «розумних» пристроїв, сенсорних систем, аналітичних платформ і хмарних обчислень». Усі наведені у цьому означенні поняття (базові об'єкти) зв'язані між собою класичними відношеннями (базові зв'язки), які відображені на класичній графічній моделі предметної області КФСПП. Ця класична модель на рисунку 3.3 розміщена в середині моделі у площині базових об'єктів та зв'язків узагальненої КФСПП.

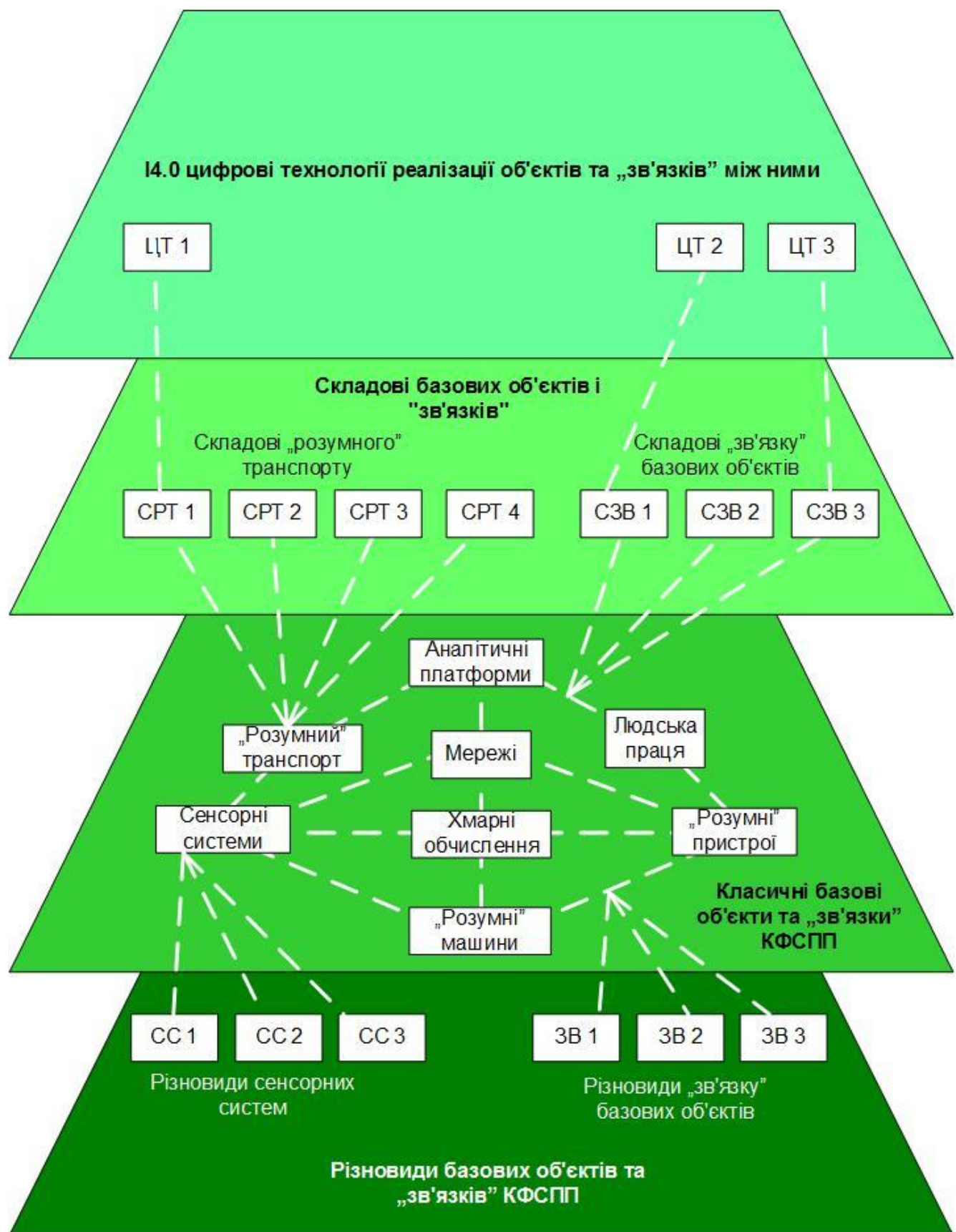


Рисунок 3.3 – Концепція графічного представлення онтологічної моделі КФСПП

Нижче та вище площини класичних базових об'єктів та зв'язків КФСПП поміщені площини, де відображується подальша деталізація опису цих систем. Знизу розміщена площина, у якій відображаються різновиди базових об'єктів та зв'язків, які виявляються в ході онтологічного дослідження предметної області при аналізі кожного конкретного прикладу КФСПП. Тобто ці відображення зв'язані з базовими об'єктами та зв'язками через ієрархію типу «is a...» («є ... (чимось)»), тобто є різновидом того чи іншого базового об'єкту чи зв'язку. По мірі розвитку промислової автоматизації «розумного» цифрового виробництва кількість варіантів базових об'єктів та зв'язків буде стрімко збільшуватися, що пояснюється і новими областями застосування ідей четвертої промислової революції, і швидкою появою нових цифрових технологій, які уможливають реалізацію нових варіантів таких об'єктів та зв'язків.

Зверху класичної моделі КФСПП на рисунку 3.3 поміщена площина, у якій відображаються складові частини класичних базових об'єктів та зв'язків. Тобто ці відображення зв'язані з базовими об'єктами та зв'язками через ієрархію типу «is a part of ...» («є частиною ... (чогось)»).

Це більш змінювана за контентом область даної моделі ніж нижня її частина, бо швидка поява нових цифрових технологій та розширення областей цифрової трансформації промислового виробництва призводять до принципово нових технічних рішень класичних базових об'єктів та зв'язків.

Наприклад, нещодавно з'явилося нове поняття, яке означено як «AIoT», тобто додані «розумні» пристрої автоматизації, які підключені до Інтернету речей (одна складова) та виконують свої функції на основі реалізованих в них алгоритмів штучного інтелекту (друга складова). Такого інтегрованого виконання «розумних» пристроїв раніше не було.

На самому верху моделі на рисунку 3.3 розміщений шар цифрових технологій, які застосовані при реалізації тієї чи іншої складової частини класичного базового об'єкту чи зв'язку.

Це найбільш змінювана частина даної концептуальної моделі предметної області, бо кількість та різноманіття цифрових технологій з кожним днем стрімко зростає. Проте в окремому практичному рішенні КФСПП зазвичай застосовується декілька новітніх цифрових технологій, тому концептуальна онтологічна модель конкретної КФСПП у верхньому шарі є нескладною.

Таким чином, підсистема електронної підтримки студентської діяльності з дослідження предметної області «Промислова автоматизація на основі КФСПП» повинна забезпечувати можливість побудови такої тривимірної концептуальної графічної моделі по опису її у електронній таблиці Excel.

На рисунку 3.4 показана загальна ідея роботи такого програмного інструменту.

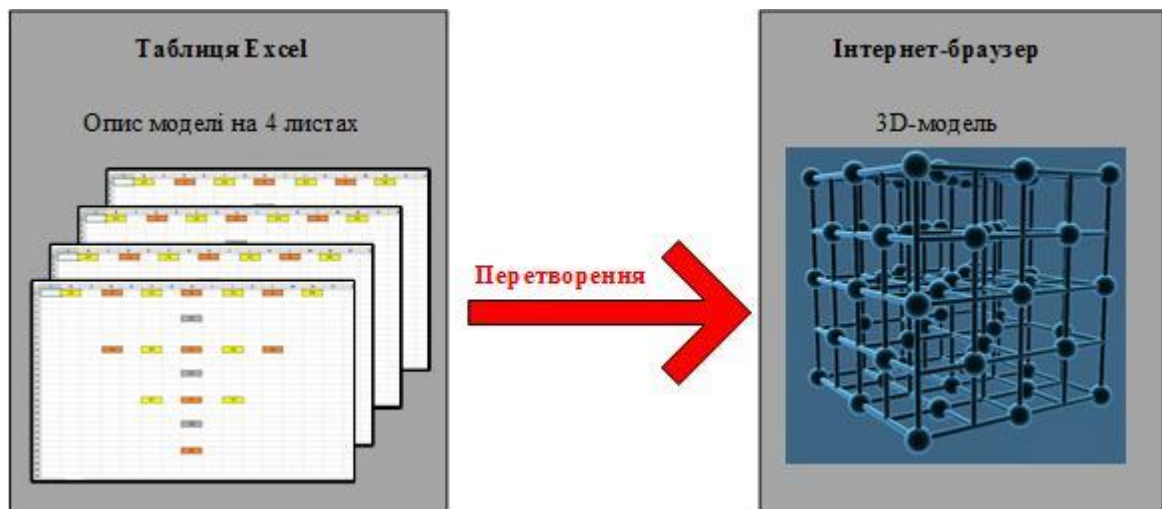


Рисунок 3.4 – Загальна ідея роботи програмного інструменту візуалізації онтологічних моделей

Як видно з рисунку, такий додатковий програмний інструмент, який повинен бути реалізований у підсистемі електронної підтримки студентської діяльності, повинен здійснювати коректне перетворення опису онтологічної

моделі, яке міститься у відповідних комірках чотирьох послідовно розміщених листів електронної таблиці Excel, у графічну 3D-модель цього опису, яку можна було б переглядати на звичайному Інтернет-браузері. При цьому окремі об'єкти онтологічної моделі повинні розміщуватися у відповідних шарах 3D-моделі, а при наведенні на них курсору повинен відображатися текстовий опис цього об'єкту, який був введений у примітки відповідної комірки електронної таблиці. Крім того, в 3D-моделі мають відображатися зв'язки між об'єктами, які описані в електронній таблиці у формі зв'язування відповідних комірок в межах одного листа чи між двома листами.

На рисунку 3.4 показана довільна 3D-модель, яка набагато складніша за ту модель, яку можна отримати з опису конкретної практичної реалізації КФСПП, проте, навіть спрощена тривимірна модель не завжди легко сприймається людьми, деяким з них простіше зрозуміти двовимірну модель. Тому можна запропонувати додаткову функцію даного програмного інструменту, яка дозволить по 3D-моделі онтології згенерувати три її проекції, тобто отримати три зв'язані між собою плоскі зображення цієї моделі. Суть такого перетворення показаний на рисунку 3.5.

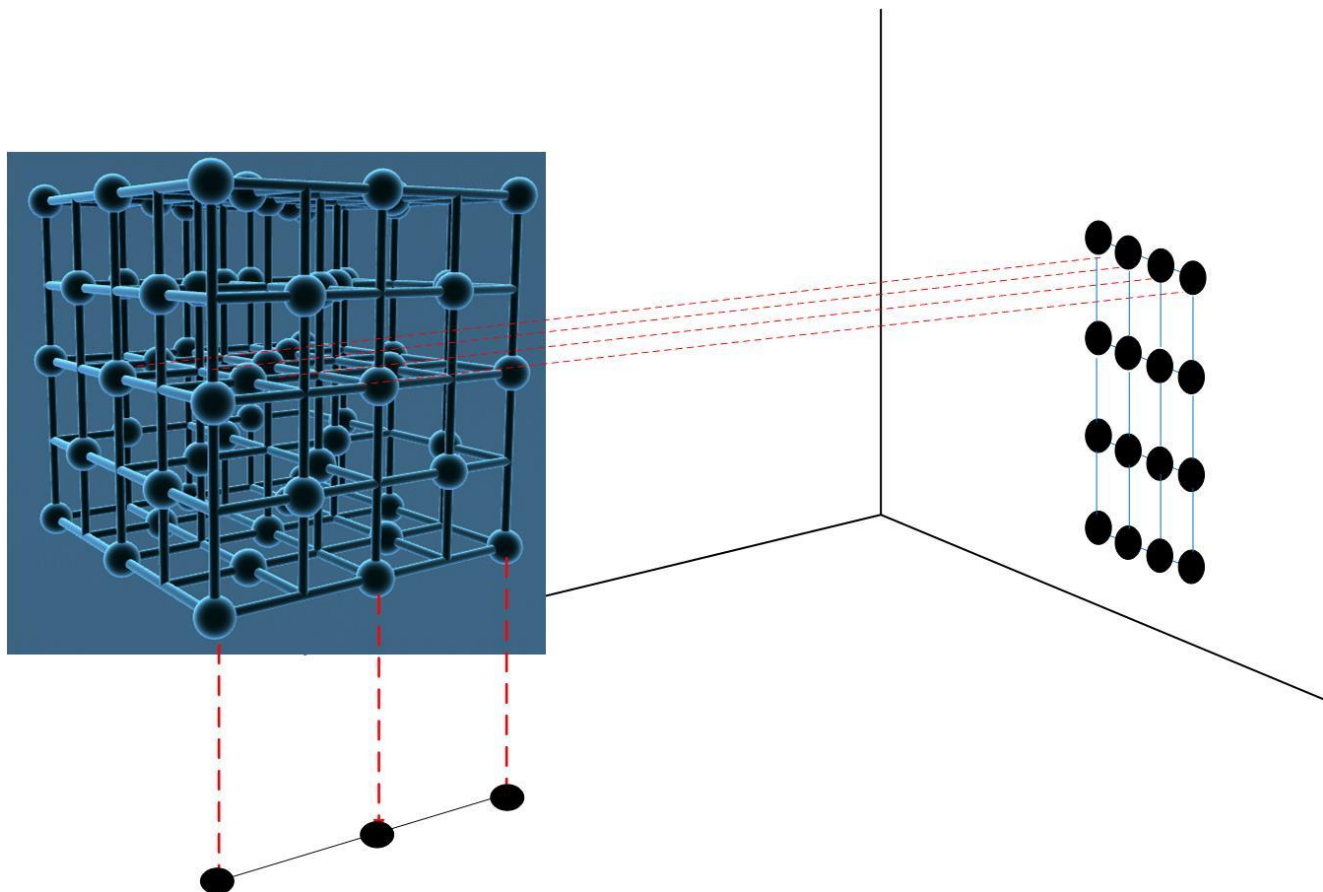


Рисунок 3.5 – Ідея перетворення тривимірної онтологічної моделі у три зв'язані проекції

В результаті можна отримати інший вигляд онтологічної моделі конкретної реалізації КФСПП, який показаний на рисунку 3.6.

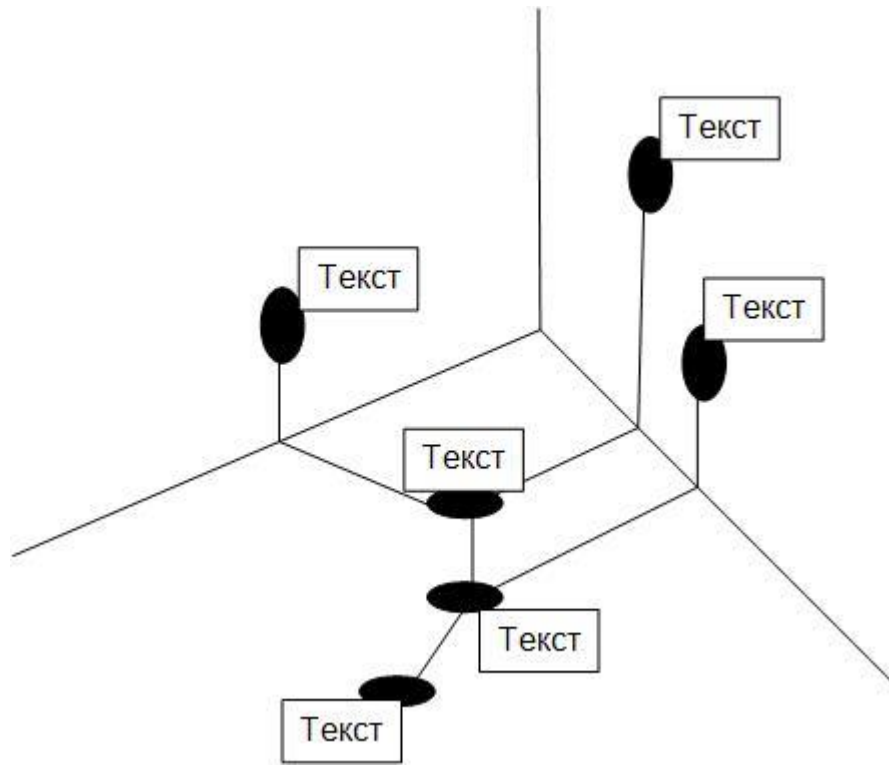


Рисунок 3.6 – Онтологічна модель реалізації КФСПП, що утворена з трьох зв'язаних проекцій

Таке представлення графічної онтологічної моделі дещо спрощує розуміння внутрішнього устрою конкретної реалізації КФСПП, тому цю модель студенту буде легше сприймати та аналізувати.

3.2 Підтримка практикуму по темі «Проектування КФСПП для цифрової трансформації реального АТП/АВП»

Спроекуємо тепер функціонал підсистеми електронної підтримки студентської діяльності з проектування КФСПП для цифрової трансформації існуючого реального АТП/АВП. Згідно зі схемою проектного практикуму, що показана на рисунку 3.1, ця діяльність студента будується на результатах його попередніх робіт, а саме, проведеного аналізу існуючого реального АТП/АВП, виявлення його недоліків (проблем) у порівнянні з «розумним»

цифровим АТП/АВП та вибору способу його цифрової трансформації шляхом використання КФСПП, яка буде керувати цим вдосконаленим процесом. Цей спосіб студент повинен описати у вигляді загальної ідеї КФСПП, використовуючи, наприклад, графічну онтологічну модель. На рисунку 3.7 показаний приклад можливого зображення у такий спосіб ідеї побудови КФСПП.

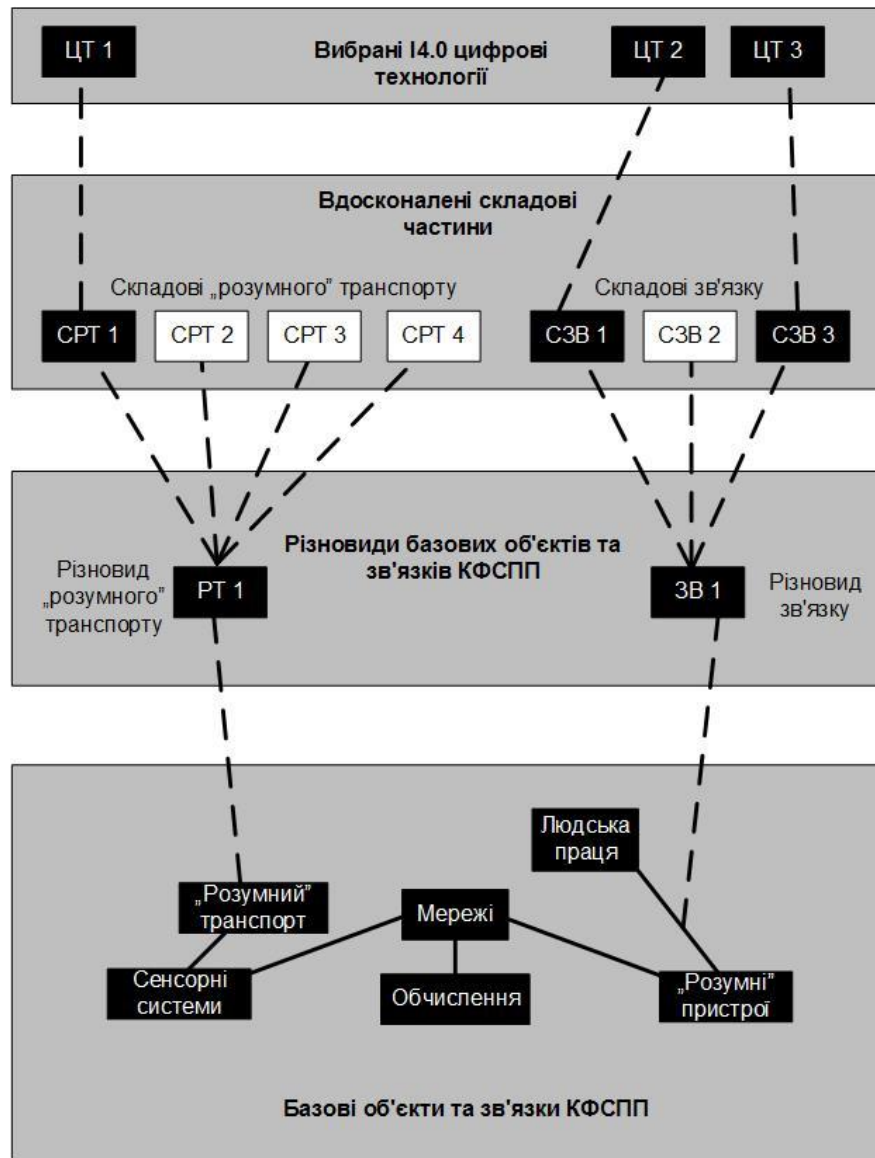


Рисунок 3.7 – Спосіб відображення ідеї побудови КФСПП за допомогою онтологічної графічної моделі

На рисунку показана, що запропонована будова КФСПП для цифрової трансформації якогось реального АТП/АВП, яка утворюється шістьма

базовими об'єктами – «розумний» транспорт, сенсорна система, мережі, обчислення, людська праця та «розумні» пристрої – та зв'язками між ними. При цьому в якості базового об'єкту «Розумний» транспорт» застосовується його різновид «РТ 1», а в якості зв'язку між людською працею та «розумними» пристроями використовується його різновид «ЗВ 1». Ці різновиди мають свої основні складові: різновид «РТ 1» складається з чотирьох частин – «СРТ 1», «СРТ 2», «СРТ 3», «СРТ 4», а різновид «ЗВ 1» складається з трьох частин – «СЗВ 1», «СЗВ 2» та «СЗВ 3». З цих складових за рахунок впровадження новітніх цифрових технологій будуть вдосконалені три – «СРТ 1», «СЗВ 1» та «СЗВ 3». Ці відповідні технології позначені на рисунку як «ЦТ 1», «ЦТ 2» та «ЦТ 3».

Зрозуміло, що такий проєкт ідеї побудови КФСПП повинен бути постачений відповідним текстовим описом.

На основі цього проєкту студент продовжує проєктування цифрової трансформації існуючого реального АТП/АВП, розробляючи спочатку концептуальний проєкт КФСПП, а потім ескізний проєкт архітектури її програмного забезпечення. Виконання усіх цих дій студента і повинна забезпечувати підсистема електронної підтримки. На рисунку 3.8 показана деталізована функціональна структура даної підсистеми підтримки проєктної діяльності студента.

Студенту для виконання цієї діяльності підсистема електронної підтримки надає групу основних інструментів «Інструменти проєктування». Ця група інструментів доступна студенту через персональний кабінет у системі JetIQ ВНТУ. Група інструментів пов'язана з офісними застосунками «Microsoft Office 365» «хмарної» платформи «Microsoft», до якої студент має доступ через свій аккаунт «Account#2».

Усі результати такого проєктування студент оформлює у вигляді відповідних електронних документів за допомогою офісних застосунків «Microsoft Office 365», наприклад «Visio» або «Word» і зберігає на своєму домашньому комп'ютері та в персональному репозиторії системи JetIQ.

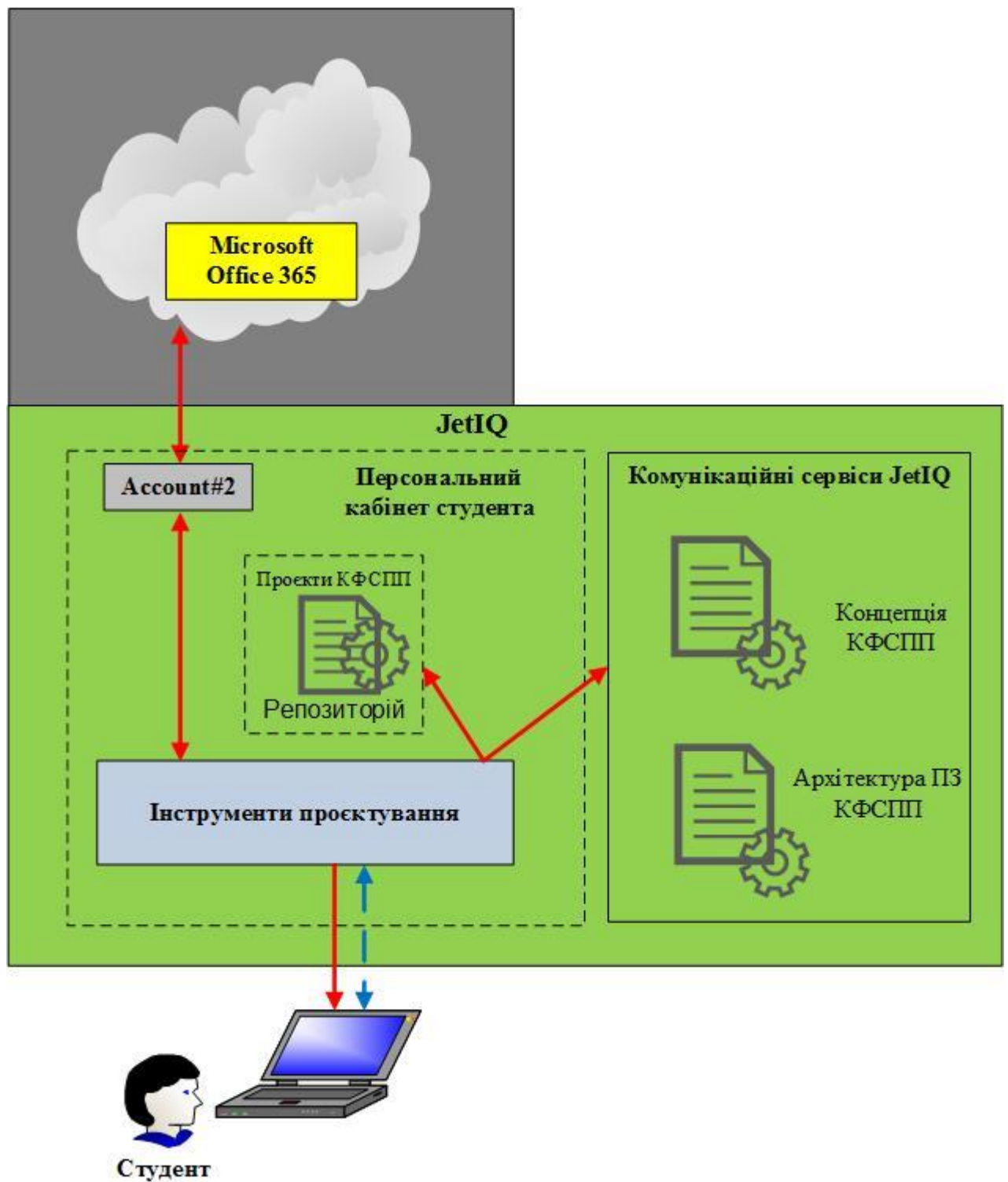
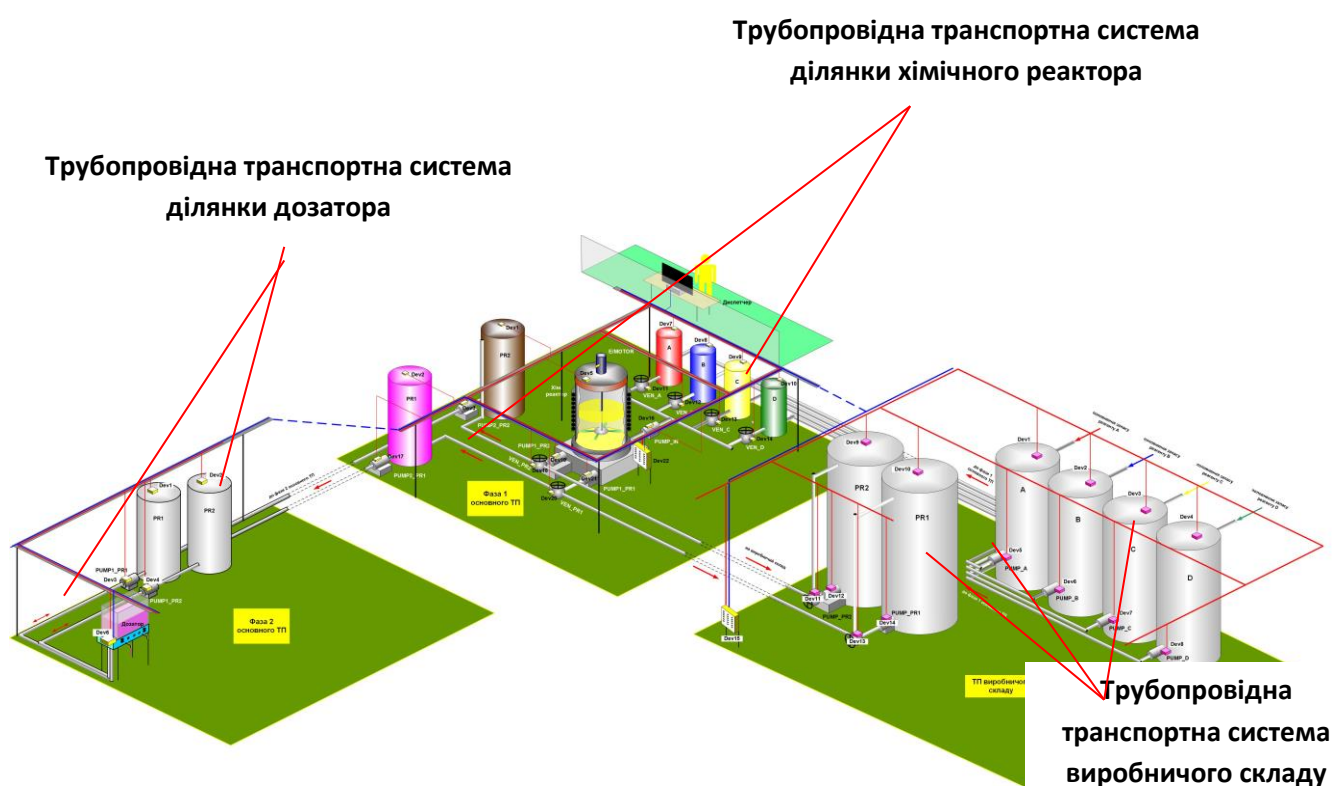


Рисунок 3.8 - Деталізована функціональна структура підсистеми електронної підтримки проєктування КФСПП

Весь студентський процес проєктування КФСПП поділяється на стадію «Концепція КФСПП» і стадію «Архітектура ПЗ КФСПП». В результаті

виконання кожної з цих стадій оформлюється відповідне проєктне рішення у вигляді електронного документу або кількох документів. Усі ці документи по мірі виконання проєктних робіт розміщуються студентом у персональному репозиторії та пересилаються викладачу для перевірки через відповідний комунікаційний сервіс системи JetIQ.

Розглянемо тепер приклад виконання студентом описаних вище проєктних робіт за допомогою підсистеми електронної підтримки. Візьме автоматизований технічний процес переміщення (транспортування) рідких матеріальних ресурсів на реальному хімічному підприємстві (рисунок 3.9).



виробництва наведений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Промислове обладнання реального виробничого процесу

Позначення	Призначення	Характеристики
1	2	3
Фаза 1 основного ТП (ділянка хімічного реактора)		
A	Ємність для локального зберігання реагенту A	Розміри, матеріал
B	... B	- « -
C	... C	- « -
D	... D	- « -
PR1	Ємність для локального зберігання готового продукту PR1	Розмір, матеріал, властивості продукту
PR2	... PR2	- « -
VEN_A	Вентиль подачі реагенту A до хімічного реактора	Пропускна здатність, властивості реагенту
VEN_B	... B ...	- « -
VEN_C	... C ...	- « -
VEN_D	... D ...	- « -
VEN_PR1	Вентиль подачі готового продукту PR1 з хімічного реактора або до ємності PR1, або на склад	Пропускна здатність, властивості готового продукту
VEN_PR2	... PR2 ...	- « -
PUMP_IN	Електричний насос подачі реагентів до хімічного реактора	Потужність, тип електродвигуна, розміри вхідного та вихідного фланців
PUMP1_PR1	Електричний насос подачі готового продукту PR1 з хімічного реактора або до ємності PR1, або на склад	- « -
PUMP1_PR2	... PR2 ...	- « -
PUMP2_PR1	Електричний насос подачі готового продукту PR1 з ємності локального зберігання до наступної фази основного ТП	- « -

PUMP2_PR2	... PR2 ...	- « -
-----------	-------------	-------

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
Фаза 2 основного ТП (ділянка дозатора)		
PR1	Ємність для локального зберігання готового продукту PR1	Розмір, матеріал, властивості продукту
PR2	... PR2	- « -
PUMP1_PR1	Електричний насос 2-направленої дії для перекачування готового продукту PR1	- « -
PUMP1_PR2	... PR2 ...	- « -
ТП виробничого складу		
Tank_PR1	Резервуар для зберігання готової продукції типу 1	Габарити, об'єм, властивості рідини, що зберігається
Tank_PR2	Резервуар для зберігання готової продукції типу 2	- « -
PUMP_PR1	Електричний насос для перекачування готової продукції типу 1 зі складського резервуару до ТП хімічного реактора	Потужність, тип електродвигуна, розміри вхідного та вихідного фланців
PUMP_PR2	Електричний насос для перекачування готової продукції типу 2 зі складського резервуару до ТП хімічного реактора	- « -
VENT_PR1	Вентиль подачі готового продукту PR1 або з ТП хімічного реактора до складського резервуару, або зі складського резервуару до ТП хімічного реактора	Пропускна здатність, властивості готового продукту
VENT_PR2	Вентиль подачі готового продукту PR2 або з ТП хімічного реактора до складського резервуару, або зі складського резервуару до ТП хімічного реактора	- « -

Tank A	Ємність для складського зберігання реагенту А	Габарити, об'єм, властивості рідини, що зберігається
--------	---	--

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
Tank B	Ємність для складського зберігання реагенту В	- « -
Tank C	Ємність для складського зберігання реагенту С	- « -
Tank D	Ємність для складського зберігання реагенту D	- « -
PUMP_A	Електричний насос для перекачування реагенту А зі складської ємності до ТП хімічного реактора	Потужність, тип електродвигуна, розміри вхідного та вихідного фланців
PUMP_B	Електричний насос для перекачування реагенту В зі складської ємності до ТП хімічного реактора	- « -
PUMP_C	Електричний насос для перекачування реагенту С зі складської ємності до ТП хімічного реактора	- « -
PUMP_D	Електричний насос для перекачування реагенту D зі складської ємності до ТП хімічного реактора	- « -

Саме цей виробничий процес та його технічний процес транспортування рідких матеріальних ресурсів студент може аналізувати в ході проектного практикуму першого навчального модуля. В результаті він виявляє такі його основні недоліки (проблеми) у порівнянні з властивостями «розумного» цифрового виробництва:

– закачування до хімічного реактора (фаза 1 основного ТП) потрібних реагентів для виготовлення різних видів готової продукції відбувається через

єдиний електричний насос та загальну частину трубопроводу, із-за чого можливе попадання реагентів від попередньої продукції одного виду до наступної порції продукції іншого виду, що призведе до появи браку;

— система трубопроводу жорстко кріпиться до обмеженої кількості ємностей локального зберігання реагентів, що унеможлиблює або суттєво ускладнює можливий перехід виробництва на нові види продукції, бо треба буде збільшувати кількість ємностей локального зберігання реагентів, розвивати систему трубопроводу і т.п., а це треба буде робити щоразу, як на виробництві вирішать змінити асортимент готової продукції або перейти на нову бізнес-модель ведення господарської діяльності.

Тобто цей існуючий реальний АВП не є абсолютно гнучким і не забезпечує високу якість готової продукції. Тому і треба спроектувати новий АВП на основі КСФПП, в якому будуть відсутні вказані недоліки.

Один з можливих варіантів концептуального рішення такого вдосконаленого АВП на основі КФСПП показаний на рисунку 3.10.

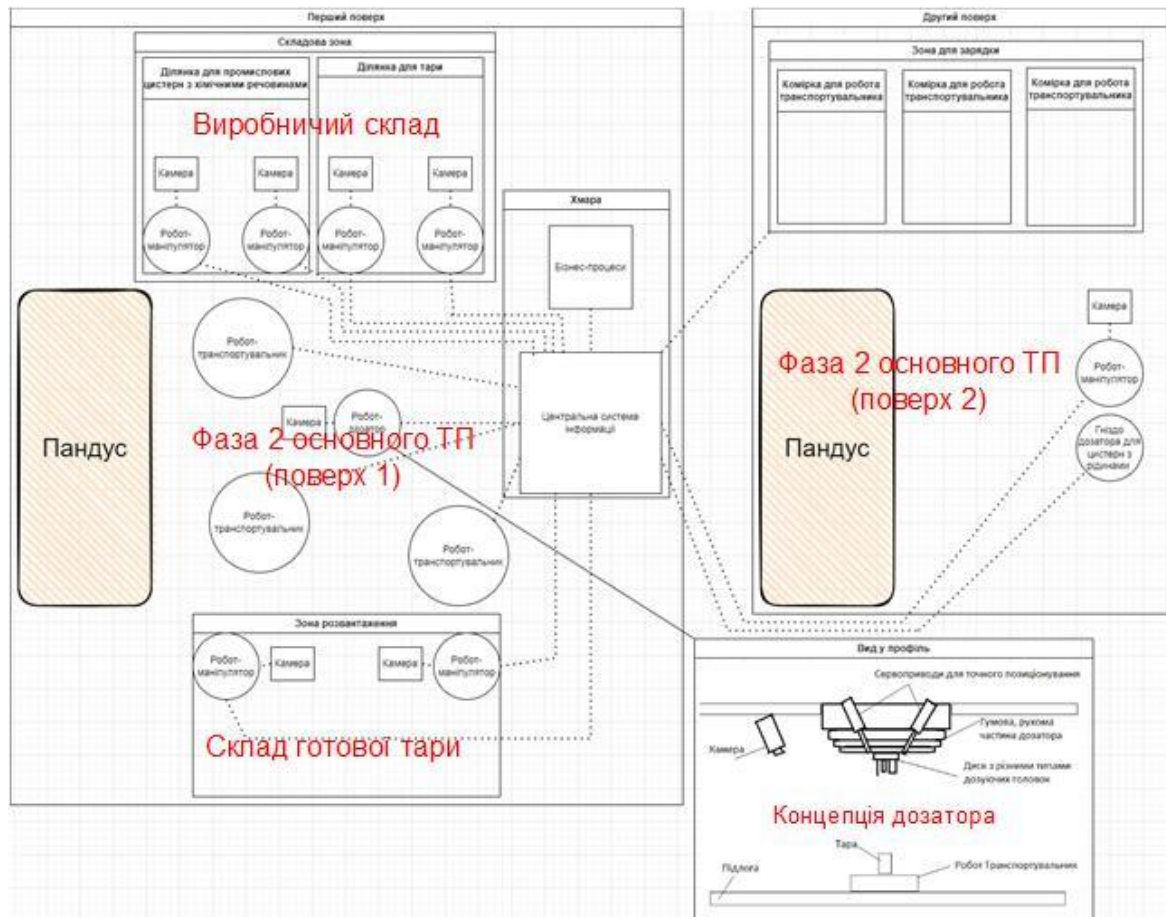


Рисунок 3.10 – Концептуальне рішення цифрової трансформації реального АВП на основі КФСПП

Суть даного концептуального рішення полягає у створенні виробничої системи, що складається з незалежних модулів, які можна легко комбінувати та переналагоджувати під різні види продукції, тари та об'єми розливу хімічної рідини у цю тару. Склад такої виробничої системи та суть концептуальних змін її складових частин таких:

1. Модуль інтелектуальної подачі тари:

- замість конвеєра використовуємо роботів-маніпуляторів, оснащених системою технічного зору для розпізнавання та захоплення тари будь-якої форми та розміру;
- роботи-маніпулятори знімають тару з піддонів;
- система автоматично визначає тип тари та налаштовує її захоплення.

2. Модуль прецизійного дозування:

- використовуються високоточні дозатори з можливістю швидкої зміни дозуючих головок для різних типів рідин та об'ємів тари;
- система автоматично розпізнає тип рідини та вибирає відповідну дозуючу головку;
- застосовуються сервоприводи для точного позиціонування дозуючої головки відносно отвору тари, що виключає будь-які помилки при наливі.

3. Модуль інтелектуального транспортування:

- мобільні роботи-транспортери переміщують тару між виробничими модулями системи;
- система управління на базі штучного інтелекту (ШІ) оптимізує маршрути руху роботів для максимальної продуктивності процесу транспортування.

4. Централізована система управління та моніторингу:

- інтегруємо всі модулі в єдину систему управління на базі промислового комп'ютера або «хмарної» платформи;
- оператор може легко налаштовувати параметри роботи системи, контролювати процес розливу та отримувати аналітичну інформацію.

Переваги такого концептуального рішення виробничої системи такі:

1. Максимальна гнучкість: тобто проста та швидка адаптація до нових видів продукції, тари та об'ємів розливу.
2. Висока продуктивність: паралельна робота модулів та оптимізоване транспортування.
3. Повна автоматизація: виключення ручної праці та мінімізація впливу людського фактору.
4. Інтелектуальні можливості: застосування ШІ для розпізнавання образів, оптимізації процесів та прогнозування.

Модуль інтелектуальної подачі тари призначений забезпечення безперебійної та адаптивної подачі різнотипної тари до модуля дозування. Його основні компоненти:

1. Роботи-маніпулятори оснащуються спеціальними захоплювачами, що адаптуються до форми та розміру тари; кількість роботів залежить від необхідної продуктивності виробничого процесу.

2. Система технічного зору:

- камери та програмне забезпечення для розпізнавання типу, розміру та положення тари;

- ідентифікація можливих дефектів тари (наприклад, тріщини, деформацій);

- визначення оптимальної точки захоплення для маніпулятора.

3. Система подачі тари:

- універсальні піддони, конвеєри або мобільні платформи для доставки тари до зони роботи маніпуляторів;

- датчики для контролю наявності та позиціонування тари.

4. Програмне забезпечення:

- інтеграція з системою управління виробничого модуля для координації роботи маніпуляторів та системи комп'ютерного зору;

- алгоритми машинного навчання для підвищення точності розпізнавання та швидкості роботи.

Модуль прецизійного дозування призначений для точного дозування рідини у тару відповідно до заданих параметрів. Його основні компоненти такі:

1. Високоточні дозатори:

- дозатори з можливістю швидкої заміни дозуючих головок;
- сервоприводи для точного позиціонування дозуючої головки відносно отвору тари.

2. Система розпізнавання рідини:

- датчики для визначення типу та властивостей рідини (густина, в'язкість);

- база даних з параметрами дозування для різних типів рідин.

3. Система контролю дозування:

- високоточні датчики для контролю об'єму або маси рідини, що дозується;

- алгоритми корекції дозування в режимі реального часу для забезпечення точності.

4. Програмне забезпечення:

- інтеграція з системою управління для отримання завдання на дозування та звітування про результати;
- можливість збереження та аналізу даних про дозування для кожної одиниці тари.

Модуль інтелектуального транспортування призначений для ефективного та гнучкого переміщення тари між модулями системи. Його основні компоненти такі:

1. Мобільні роботи-транспортери:

- автономні роботи, оснащені навігаційною системою та маніпуляторами для захоплення та переміщення тари.

2. Система управління маршрутами:

- програмне забезпечення для планування оптимальних маршрутів роботів з урахуванням завантаженості модулів та пріоритетів завдань;
- алгоритми динамічного перепланування маршрутів у разі виникнення заторів або збоїв.

3. Система безпеки:

- датчики та сканери для запобігання зіткненням роботів з перешкодами та персоналом;
- аварійні кнопки та системи зупинки для забезпечення безпеки роботи.

Робот-транспортувальник виконує:

1. Ефективне та безпечне переміщення: основна функція робота-транспортувальника — це транспортування тари між різними зонами

виробництва: складом, модулем дозування, зоною пакування/маркування, точками розвантаження тощо.

2. Оптимальне переміщення за маршрутом: робот має забезпечувати швидке та безперешкодне переміщення, обираючи оптимальні маршрути та уникаючи зіткнень.

Основні компоненти та принцип роботи робота-транспортувальника:

1. Мобільна платформа:

- шасі: диференціальний привід, тобто найпоширеніший тип для роботів-транспортувальників; дві пари коліс з незалежними двигунами дозволяють повертати, змінюючи швидкість обертання коліс;
- двигуни електричні;
- акумуляторні батареї літій-іонні, тобто найбільш поширений тип для роботів, мають високу енергоємність, невелику вагу та тривалий термін служби, потребують періодичної зарядки, яка здійснюється у спеціальній зоні на другому поверсі.

2. Навігаційна система:

- датчики: лазерні сканери (LiDAR), випромінюють лазерні промені та вимірюють час їх повернення, створюючи 2D або 3D карту оточення;
- карта приміщення: SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), найпоширеніший підхід до створення карти "на льоту", робот рухається приміщенням, збирає дані з датчиків та одночасно будує карту та визначає своє місцезнаходження на ній, для простих приміщень можна заздалегідь створити карту та завантажити її в робота.

3. Програмне забезпечення:

- ROS (Robot Operating System): популярна платформа з відкритим кодом для розробки робототехнічних систем, містить модулі для навігації;
- Navigation Stack (ROS): набір пакетів ROS, що забезпечують планування маршруту, уникнення перешкод та локалізацію;
- алгоритми SLAM: різні алгоритми (наприклад, Gmapping, Hector SLAM) для побудови карти та локалізації.

4. Система безпеки:

- аварійні кнопки для екстреної зупинки робота;
- датчики безпеки зупиняють робота при виявленні перешкод на шляху руху або людей в небезпечній близькості;
- системи світлової та звукової сигналізації сповіщають про рух робота та потенційно небезпечні ситуації.

5. Система управління та комунікації:

- бортовий комп'ютер керує роботом, обробляє дані з датчиків, виконує завдання від центральної системи;
- бездротовий зв'язок (Wi-Fi, Bluetooth) для зв'язку з центральною системою, отримання завдань та передачі даних.

Принцип роботи робота-транспортувальника такий:

1. Отримання завдання: робот-транспортувальник отримує від центральної системи завдання на переміщення (точка призначення, тип вантажу).
2. Планування маршруту: бортовий комп'ютер розраховує оптимальний маршрут до цілі, враховуючи дані з карти приміщення.
3. Рух: робот переміщується за розрахованим маршрутом, коригуючи його в режимі реального часу, якщо виявляються перешкоди.
4. Виконання завдання: робот зупиняється в точці призначення та виконує завдання (наприклад, чекає на завантаження/розвантаження).
5. Звітування: робот повідомляє центральну систему про виконання завдання та свій поточний стан.

Переваги використання робота-транспортувальника такі:

1. Підвищення ефективності: швидше та точніше переміщення вантажів, ніж при ручному транспортуванні.
2. Оптимізація логістики: зменшення простоїв та більш ефективне використання простору.
3. Безпека: мінімізація ризику зіткнень та травм персоналу.

4. Інтеграція в Industry 4.0: збір даних про переміщення вантажів, стан робота, що дозволяє аналізувати та оптимізувати роботу всієї системи.

Робот-маніпулятор призначений для виконання таких технічних операцій:

1. Маніпуляція з тарою: основне завдання робота-маніпулятора - це захоплення, переміщення та позиціонування тари на різних етапах виробництва: від завантаження на піддон до подачі на конвеєр або інше обладнання.

2. Робот має забезпечувати високу точність маніпуляцій, особливо якщо йдеться про делікатну або нестандартну тару.

Основні компоненти та принцип роботи робота-маніпулятора:

1. Вакуумні захоплення: створення вакууму (розрідження) на поверхні захоплення, що забезпечує надійне утримання тари. Їх будова така: присоски: зроблені з еластичного матеріалу (гума, силікон), що щільно прилягає до поверхні тари; генератор вакууму створює розрідження в присоску (електричний, пневматичний); клапан регулює потік повітря для створення та зняття вакууму.

2. Система управління: контролер керує рухом маніпулятора, отримує завдання від центральної системи, розбиває їх на послідовність простих рухів та передає команди на виконавчі механізми (приводи); програмне забезпечення – операційна система реального часу (RTOS) забезпечує швидку та детерміновану обробку даних, що критично важливо для управління рухом робота, бібліотеки руху містять готові алгоритми для виконання типових рухів (лінійне переміщення, поворот, захоплення).

3. Система зору: камери, що встановлюються на маніпуляторі або в робочій зоні для отримання зображень; програмне забезпечення містить алгоритми для розпізнавання типу, положення та орієнтації тари на зображенні.

4. Система безпеки: датчики зіткнення зупиняють робота при контакті з перешкодою для запобігання пошкодженням, зони безпеки – віртуальні або фізичні обмеження робочої зони для захисту персоналу;

програмне забезпечення використовується для розпізнавання об'єктів та людей у навколишньому середовищі, що дозволяє уникати зіткнень та забезпечувати безпечну взаємодію з людьми. Наприклад, алгоритм YOLO.

Принцип роботи робота-маніпулятора:

1. Отримання завдання: робот отримує від центральної системи команду на виконання певної дії (наприклад, взяти тару з конвеєра та розмістити на піддон).
2. Планування руху: контролер розраховує траєкторію руху маніпулятора, враховуючи поточне положення тари та перешкоди в робочій зоні.
3. Захоплення та переміщення: робот підводить захоплення до тари, захоплює її та переміщує у вказану точку.
4. Позиціонування та відпускання: робот точно позиціонує тару та відпускає її (наприклад, ставить на піддон).
5. Звітування: робот повідомляє центральну систему про виконання завдання та свій стан.

Переваги використання робота-маніпулятора такі:

1. Гнучкість: проста та швидка адаптація до різних типів тари та завдань.
2. Точність та повторюваність: висока точність маніпуляцій, що важливо для делікатних продуктів або прецизійного складання.
3. Підвищення продуктивності: швидше виконання завдань порівняно з ручною працею.
4. Безпека: звільнення працівників від монотонних та потенційно небезпечних операцій.

Робот-дозатор призначений для точного дозування. Основна функція цього робота - це дозована подача рідини у тару з високою точністю та повторюваністю. Основна його властивість – адаптивність, тобто робот-дозатор повинен легко адаптуватися до різних типів рідин (в'язкість, густина), об'ємів дозування та типів тари.

Основні компоненти та принцип роботи цього робота такі:

1. Цистерна з рідиною: робот веде цистерну до гнізда у підлозі, а маніпулятор вставляє цистерну у гніздо, звідти рідина потрапляє у дозатор, який підвішений до стелі поверхом нижче.
2. Дозуюча система:
 - дозатор: ключовий елемент, що забезпечує дозовану подачу рідини, тип дозатора - об'ємний; дозування фіксованого об'єму рідини за допомогою механічного переміщення робочого органу;
 - датчики для контролю рівня, тиску, температури рідини для забезпечення стабільності процесу дозування.
3. Маніпулятор:
 - забезпечує точне позиціонування дозуючої головки відносно отвору тари;
 - лінійний маніпулятор, що складається з трьох лінійних приводів, що рухаються вздовж взаємно перпендикулярних осей (X, Y, Z).
4. Система управління:
 - Контролер керує роботою дозатора, насосів, клапанів та маніпулятора, отримує дані від датчиків та команди від центральної системи;
 - програмне забезпечення налаштовує параметрів дозування (об'єм, швидкість), контроль процесу, діагностику.
5. Система зору:
 - камера встановлюється для визначення положення отвору тари, контролю рівня наповнення;
 - програмне забезпечення аналізує зображення та передає дані контролеру для корекції позиціонування дозуючої головки.

6. Система безпеки:

- датчики протікання: оптичні датчики, використовують світло для визначення присутності рідини, випромінюють світловий промінь та аналізують його відбиття, при попаданні рідини на поверхню змінюється інтенсивність відбитого світла;
- аварійні кнопки для екстреної зупинки системи.

Принцип дії робота-дозатора такий :

1. Ідентифікація тари: робот отримує інформацію про тип тари та необхідний об'єм дозування.
2. Позиціонування: маніпулятор підводить дозуючу головку до отвору тари. Система зору (якщо використовується) допомагає точно визначити положення.
3. Дозування: контролер запускає дозатор та насоси, забезпечуючи подачу заданого об'єму рідини у тару.
4. Контроль: датчики контролюють процес дозування, а система управління коригує його параметри при необхідності.
5. Звітування: після завершення дозування робот передає інформацію про виконання завдання центральній системі.

Переваги використання робота-дозатора:

1. Висока точність: забезпечення точності дозування до мілілітрів або навіть менше, що важливо для дорогих або хімічно активних рідин.
2. Швидкість та продуктивність: автоматизація процесу дозування збільшує швидкість та обсяги виробництва.
3. Гнучкість та адаптивність: можливість швидкої переналагодження на інші типи рідин та тари.
4. Безпека: мінімізація контакту персоналу з хімічними речовинами.

Запропонована технологія транспортування рідин та газів по трубопроводах за допомогою спеціальних поршнів, які називаються "pigs" (свині). Ці "свині" рухаються під тиском робочого середовища і виконують різноманітні функції, такі як:

1. Очищення: Видалення залишків продукту, забруднень та конденсату.

2. Розділення продуктів: Транспортування різних продуктів по одному трубопроводу без змішування.

3. Контроль стану трубопроводу: Виявлення дефектів, корозії, витоків.

Принцип роботи pigging для транспортування рідини:

1. Запуск "pig": "Pig" вводять в трубопровід через спеціальну камеру запуску.

2. Транспортування: під тиском робочого середовища "pig" рухається по трубопроводу, проштовхуючи перед собою продукт.

3. Прийом: "pig" виводять з трубопроводу через приймальну камеру.

Потенційні переваги такого рішення:

1. Висока точність дозування: "Pigging" дозволяє повністю виштовхнути рідину з трубопроводу, мінімізуючи залишки та забезпечуючи точне дозування.

2. Зменшення втрат продукту: Мінімальні залишки продукту в системі зменшують втрати та витрати на очищення.

3. Гнучкість: Можливість транспортування рідин з різними властивостями (в'язкість, густина) по одному трубопроводу.

4. Чистота: "Pigging" забезпечує високий рівень чистоти системи, що особливо важливо для харчової та фармацевтичної промисловості.

Інформаційна прозорість в системі управління даним виробничим процесом досягається за рахунок впровадження декількох цифрових технологій.

1. Цифровий двійник (Digital Twin):

- віртуальна копія процесу: створюємо детальну віртуальну модель кожного модуля, робота та навіть одиниці тари;

- збір даних в режимі реального часу: інтегруємо датчики IoT (Internet of Things) в кожен модуль для збору даних про: рівень рідини,

температуру, тиск; статус роботи обладнання (швидкість, продуктивність, збої); місцезнаходження та стан тари (порожня, заповнена, тип, партія).

- візуалізація процесів: відображаємо зібрані дані на інтерактивній 3D-моделі системи в режимі реального часу;

- аналіз та оптимізація: використовуємо дані для: моніторингу ефективності кожного модуля та всієї системи; виявлення вузьких місць та простоїв; прогнозування та запобігання збоїв; оптимізації маршрутів робіт та параметрів роботи системи.

2. Трасування та відстеження (Track & Trace):

- унікальна ідентифікація: присвоюємо кожній одиниці тари унікальний ідентифікатор (штрих-код, RFID-мітка);

- фіксація подій: реєструємо всі події, що відбуваються з тарою протягом всього процесу: надходження на склад; переміщення між модулями; заповнення рідиною (тип, об'єм, дата, час); маркування та пакування; відвантаження клієнту.

- доступ до історії: зберігаємо всю історію переміщень та операцій з кожною одиницею тари в базі даних;

- прозорість для користувачів: надаємо доступ до інформації про рух та стан продукції: операторам та керівництву – для контролю виробництва; партнерам та клієнтам – для відстеження замовлень.

Для реалізації такого прозорого інформаційного виробництва нам знадобляться:

- датчики IoT: різні типи датчиків для збору необхідних даних;

- програмне забезпечення: платформа для збору, обробки та візуалізації даних, а також для створення цифрового двійника;

- інтеграція з існуючими системами: з'єднання з MES/ERP системами для обміну даними та управління виробництвом.

Процес роботи усього вдосконаленого АТП розділений на декілька етапів.

1. Склад з пустою тарою:

- різнотипна тара: на складі може зберігатися тара різних типів, розмірів та матеріалів;
- робот-маніпулятор (на складі):
 - а) оснащений системою технічного зору для розпізнавання типу та положення тари;
 - б) здатний захоплювати та переміщувати різні типи тари;
 - с) працює за завданням, отриманим від центральної системи управління, яка формує замовлення на певну кількість та певні типи тари.
- робот-транспортувальник (з палетою):
 - а) під'їжджає до робота-маніпулятора на складі;
 - б) приймає від маніпулятора тару, розміщуючи її на своїй палеті (враховуючи тип тари та оптимальне завантаження).

2. Транспортування до робота-дозатора:

- робот-транспортувальник:
 - а) отримує від центральної системи завдання на переміщення до модуля дозування;
 - б) переміщується по оптимальному маршруту, уникаючи перешкод (за допомогою навігаційної системи та датчиків).

3. Модуль дозування:

- робот-транспортувальник: фіксує своє положення біля робота-дозатора;
- робот-дозатор:
 - а) отримує від центральної системи інформацію про тип рідини та об'єм дозування для кожної одиниці тари на піддоні.
 - б) за допомогою системи зору визначає положення отворів тари;
 - с) здійснює точне дозування рідини у кожну одиницю тари.

4. Транспортування до зони розвантаження:

- робот-транспортувальник: отримує від центральної системи завдання на переміщення до зони розвантаження.

5. Зона розвантаження:

- робот-транспортувальник: зупиняється в зоні розвантаження;
- оператор або автоматизована система: забирає готову продукцію з піддону робота-транспортувальника.

Додаткові можливості системи такі:

- система маркування: інтеграція робота-маркувальника в систему для нанесення етикеток, штрих-кодів на тару;
- система пакування: інтеграція робота-пакувальника для формування готових ящиків/піддонів з продукцією.

На основі такого концептуального рішення вдосконаленого АТВ студент далі може продовжити проєктування цієї КФСПП, переходячи до наступного етапу – «Проектування архітектури ПЗ». Цей проєкт, як було зазначено у першій частині комплексної магістерської кваліфікаційної роботи, повинен відповідати референтній архітектурній моделі RAMI4.0 [1], яка складається з шести вертикальних шарів.

Студентське проєктування починається з верхнього шару і поступово опускається донизу (проєктування «зверху - донизу»).

Спочатку виконується проєктування верхнього шару «Business», в якому треба означити головну бізнес-задачу (бізнес-функцію) або кілька основних бізнес-задач (бізнес-функцій), які повинна вирішувати (виконувати) проєктована КФСПП. На рисунку 3.11 показаний можливий варіант цього проєктування.

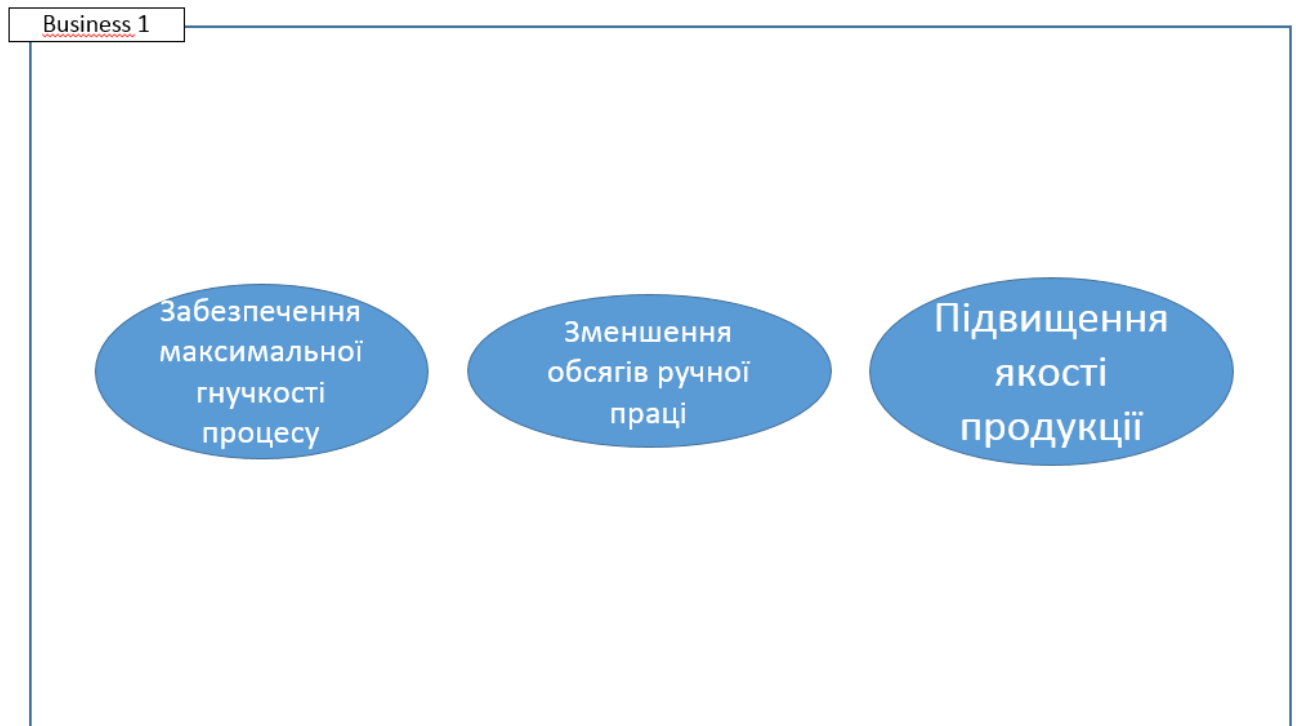


Рисунок 3.11 – Проектування архітектури ПЗ КФСПП у шарі «Business 1»

Як видно з рисунку, нова КФСПП повинна забезпечити виконання даним виробництвом трьох основних бізнес-задач (функцій):

- забезпечення максимальної гнучкості виробничого процесу;
- зменшення обсягів ручної праці;
- підвищення якості продукції.

Оскільки цих бізнес-завдань декілька, то їх можна деталізувати, додавши ще один шар «Business 2», де можна буде деталізувати означені три бізнес-задачі (функції). Це проектування показане на рисунку 3.12.

Як видно з рисунку, вирішення трьох основних задач бізнесу розділяється на численні підзадачі, які інтегруються між собою відповідними зв'язками

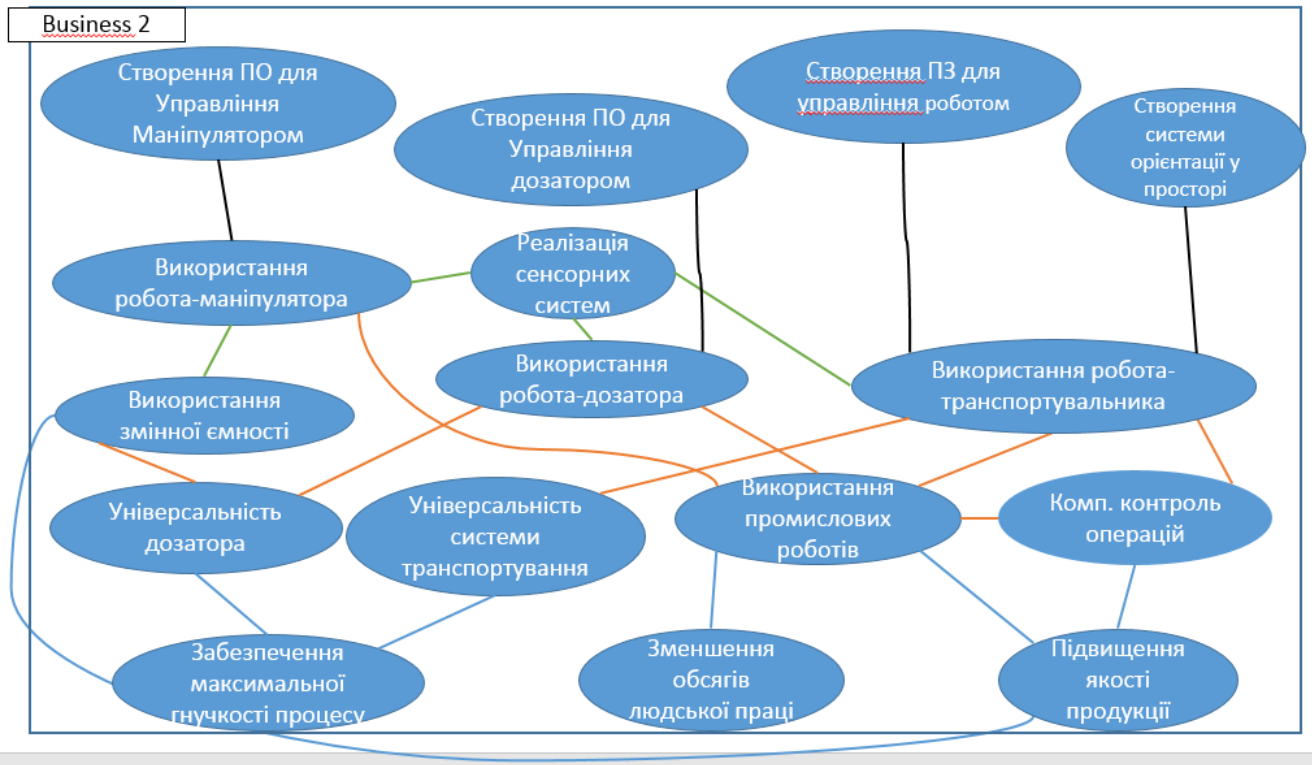


Рисунок 3.12 – Деталізація архітектури ПЗ КФСПП у шарі «Business 2»

Тепер студент може перейти до проєктування функцій програмної частини КФСПП, які вона повинна буде виконувати заради вирішення вказаних вище основних бізнес-задач та їх підзадач.

На рисунку 3.13 показані результати поетапного проєктування функціоналу ПЗ КФСПП, яке виконується у шарі «Functional» архітектурної моделі. На цьому рисунку програмні функції КФСПП спрямовані на виконання тільки однієї з підзадач бізнесу, яка показана на рисунку 3.12, а саме, «Використання робота-транспортувальника». Як видно, ця бізнес-підзадача передбачає обов'язкову розробку програмного забезпечення для реалізації ефективної просторової орієнтації робота-транспортувальника, а також для управління його переміщеннями у виробничому просторі.

Для першої бізнес-підзадачі пропонується застосувати систему сенсорів, які будуть розміщені у виробничому приміщенні на шляхах ймовірних маршрутів руху цього робота. Крім того, система сенсорів, вбудованих у сам

робот, дозволить проводити його самодіагностику, що збільшить надійність КФСПП.

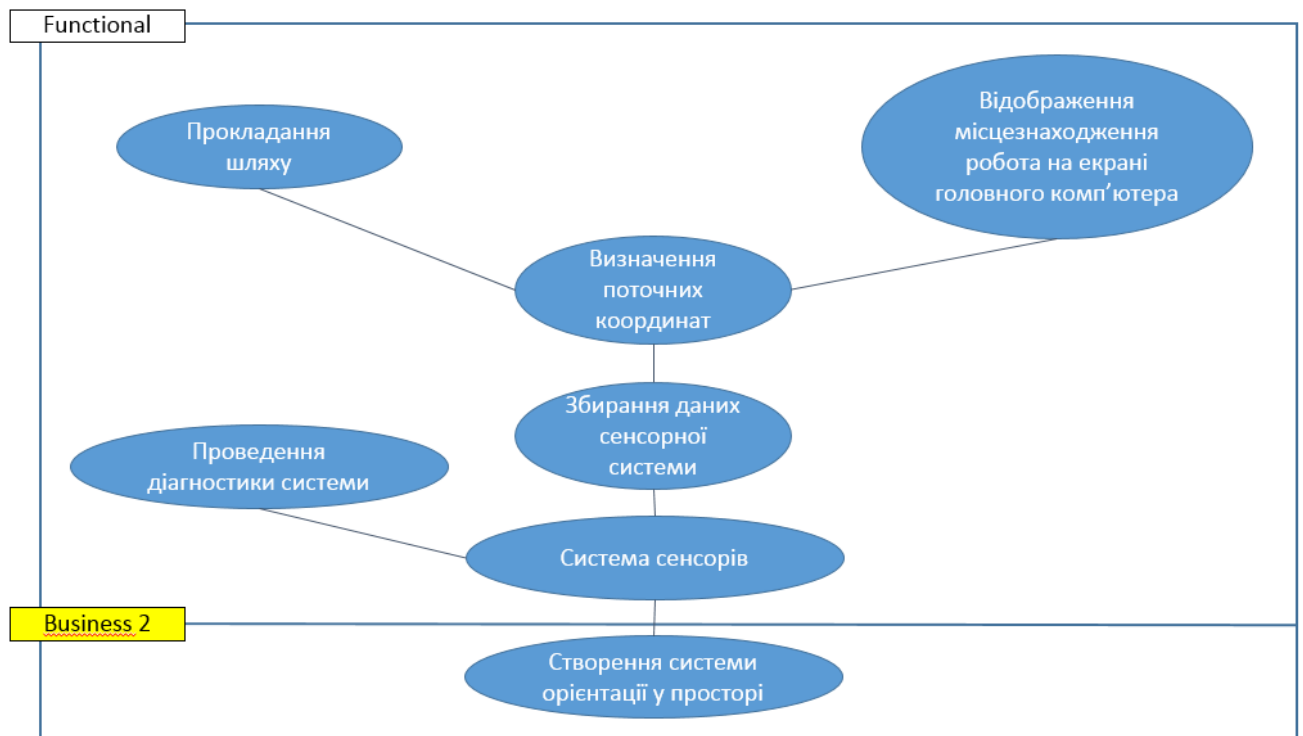


Рисунок 3.13 - Програмні функції для виконання бізнес-задачі "Створення системи орієнтації у просторі"

Наступне архітектурне проектування, яке повинен зробити студент, є опис інформаційного обміну між тими програмними функціями, що означені у шарі «Functional». На рисунку 3.14 показаний варіант такого проекту.

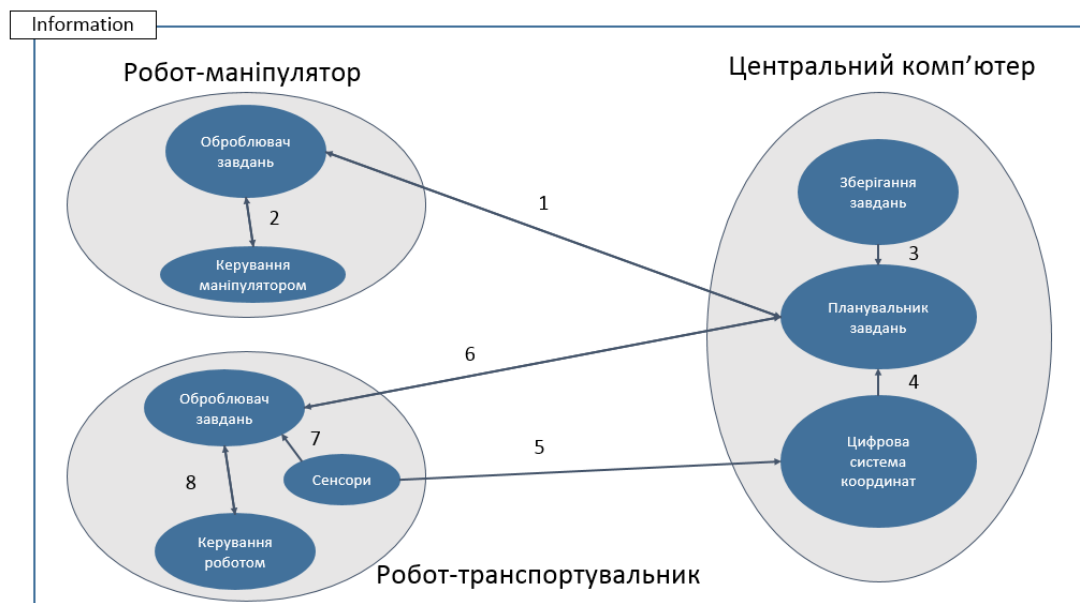


Рисунок 3.14 – Проектування інформаційних потоків між програмними функціями КФСПП

Таке проектування виконується у шарі «Information» архітектурної моделі RAMI4.0. Як видно з рисунку, програмні функції розміщені на тих фізичних обчислювачах, де вони будуть виконуватися.

Інформаційні зв'язки між цими функціями такі:

- «1», «6»: від комп'ютера надходять завдання і від роботів назад повертаються статуси їх виконання;
- «2»: робот наказує маніпулятору що робити відповідно до завдання та отримує назад результат;
- «3»: комп'ютер передає завдання до основного процесу їх планування;
- «4»: цифрова система координат передає отримані від роботів дані для планування завдань;
- «5»: робот-транспортувальник передає своє місцеположення до основного комп'ютера;
- «7»: робот-транспортувальник передає своє місцеположення до власного оброблювача завдань;
- «8»: робот-транспортувальник передає команди щодо переміщення та отримує назад результат роботи.

Після опису інформаційних зв'язків між програмними функціями КФСПП визначаються способи технічної реалізації цих інформаційних потоків (фізичний канал передавання, протокол та формат даних, технічні характеристики каналу та мережі). На рисунку 3.15 показаний загальний проєкт архітектури у шарі «Communication». На цьому рисунку тільки означені основні технічні засоби передавання інформації всередині проєктованої КФСПП. Для подальшого проектування можна ввести в архітектурну модель додаткові шари комунікації і описати там більш

детально технічну реалізацію кожного зі способу передавання інформації в системі.

Після проєктування каналів передавання інформації всередині системи студент переходить до проєктування зовнішніх інформаційних зв'язків КФСПП з системами та працівниками. Це виконується у шарі «Integration». На рисунку 3.16 показаний приклад виконання такого проєкту.

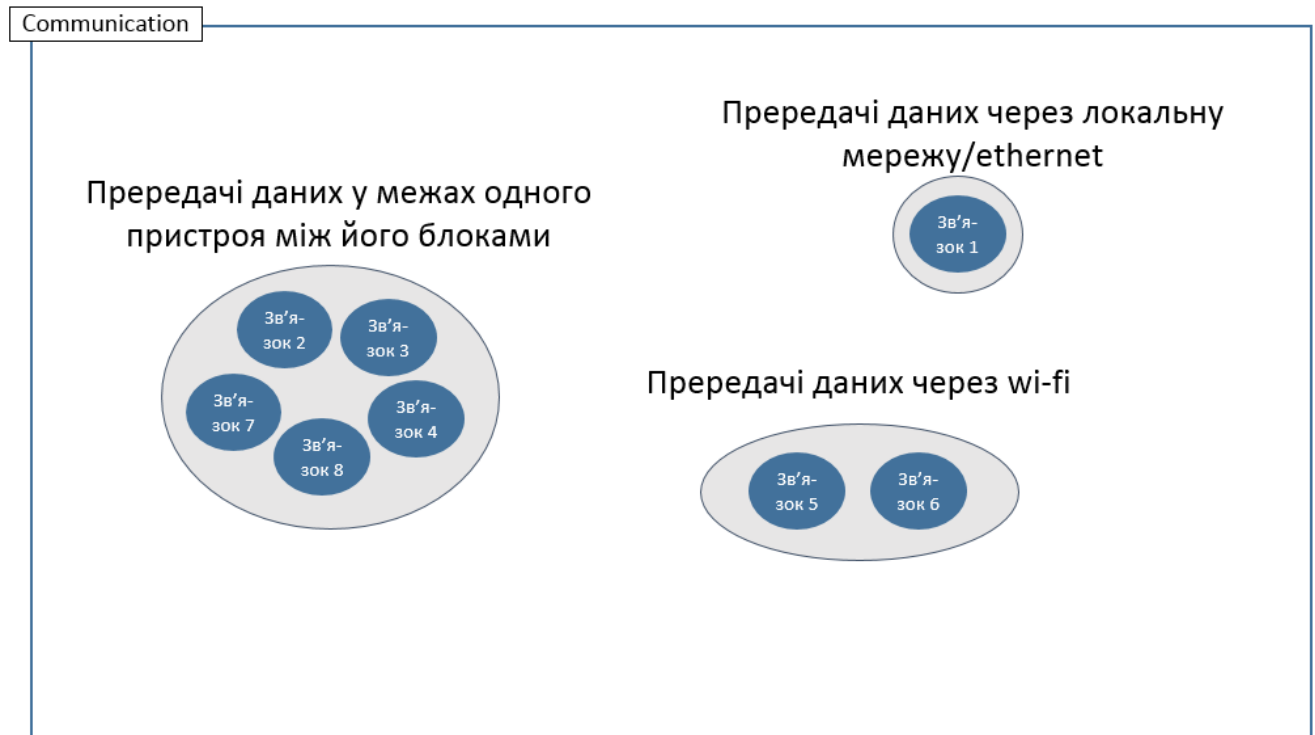


Рисунок 3.15 – Проєктування технічної реалізації інформаційних потоків між програмними функціями КФСПП

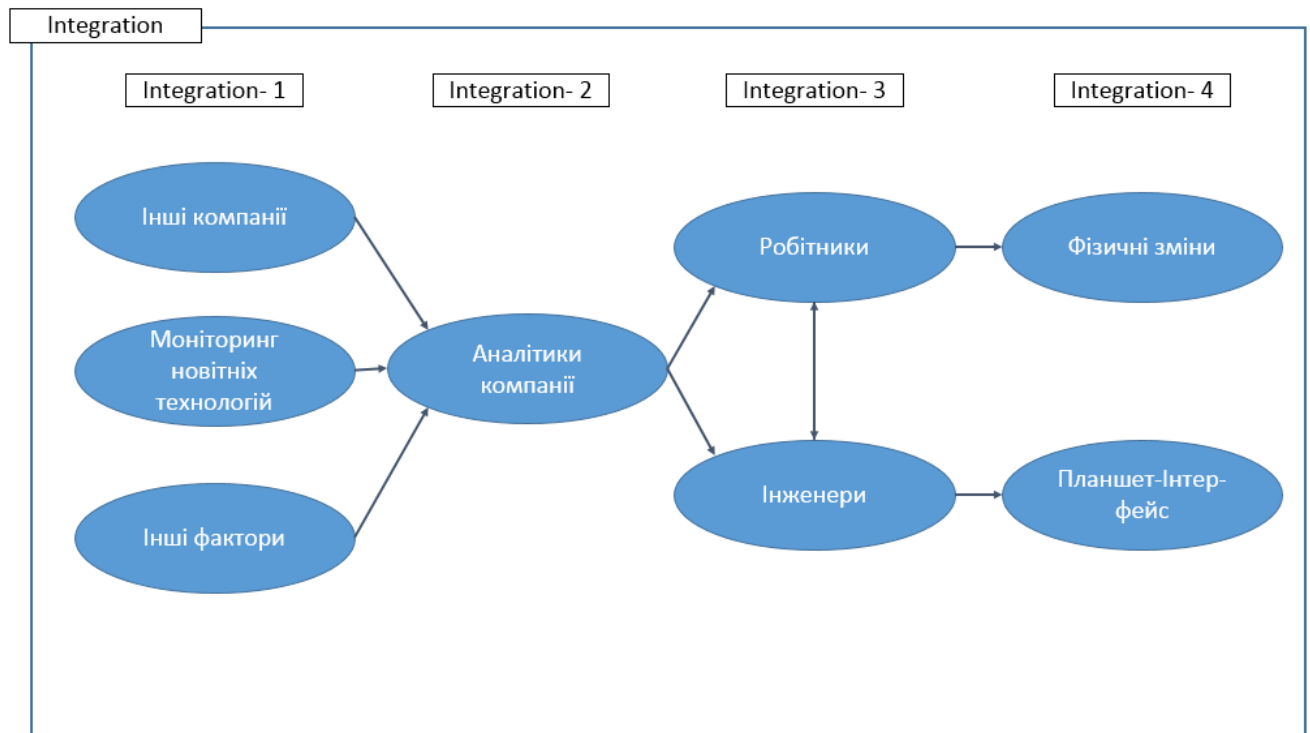


Рисунок 3.16 – Проектування зовнішніх інформаційних зв’язків КФСПП

На слайді показаний маршрут, яким передається інформація перш ніж вплинути на роботу КФСПП. Маршрут розділений на шари – «Integration 1», «Integration 2», «Integration 3», «Integration 4».

На першому шарі «Integration 1» зображені джерела, з яких може активізуватися необхідність втрутитися у роботу системи для її зміни.

На другому шарі «Integration 2» аналітики компанії вирішують чи варті ідеї, які надійшли ззовні компанії для впровадження.

На третьому шарі «Integration 3» інженери та робітники працюють над тим як здійснити необхідні зміни.

На четвертому шарі «Integration 4» показані засоби впровадження змін - планшет для взаємодії із програмним забезпеченням КФСПП і фізичні взаємодії із апаратним забезпеченням системи.

На цьому розгляд прикладу студентського проектування КФСПП, що виконується в рамках проектного практикуму дисципліни у другому навчальному модулі, закінчений. Усі описані проектні роботи студент

здійснює за підтримки електронної підсистеми, що розроблена у даній магістерській кваліфікаційній роботі.

3.3 Висновки до розділу

В ході виконання науково-дослідних робіт в рамках даного розділу комплексної магістерської кваліфікаційної роботи була спроектована підсистема електронної підтримки студентської діяльності у другому навчальному модулі дисципліни «Промисловий Інтернет речей», а саме розроблений функціонал підтримки студентського практикуму по темі «Пошук способу цифрової трансформації реального АТП/АВП» та студентського практикуму по темі «Проектування КФСПП для цифрової трансформації реального АТП/АВП».

Результати цих проектних робіт ілюстровані прикладами реалізації студентської діяльності за допомогою підсистеми електронної підтримки.

4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Технологічний аудит розробленої підсистеми підтримки студентської діяльності у складі системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей»

Як було підкреслено раніше, підвищення якості підготовки фахівців в області автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки потребує суттєвого удосконалення навчального процесу, впровадження в навчальний план нових інноваційних професійно-орієнтованих дисциплін, суттєвої активізації самостійної роботи студентів-магістрантів тощо. Для успішного розв'язання цієї складної динамічної задачі нами було розроблено систему електронної підтримки освітнього процесу, впровадження якої має забезпечити ефективними освітніми

інструментами викладацьку та студентську діяльність при опануванні студентами-магістрантами навчальної дисципліни «Промисловий Інтернет речей».

Розроблена нами система електронної підтримки освітнього процесу складається з двох основних частин: підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) та підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД).

Для безпосередньої розробки підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД) нами були розв'язані такі задачі: досліджено існуючі проблеми організації проєктного практикуму при підготовці магістрів в умовах реалізації четвертої промислової революції «Індустрія 4.0»; досліджено основні задачі, які постають перед студентом під час вивчення дисципліни «Промисловий Інтернет речей»; зроблено техніко-економічне та науково-технічне обґрунтування концепції вдосконаленої системи електронної підтримки навчального процесу; зроблено архітектурне проєктування підсистеми електронної підтримки студентської діяльності (ППСД); зроблено проєктування програмних функцій підсистеми для студентської діяльності (ППСД) в рамках першого та другого модулів дисципліни «Промисловий Інтернет речей» тощо.

В результаті було розроблено програмне забезпечення, використання якого дозволить ефективніше формувати та розвивати у студентів сучасні фахові компетенції за рахунок використання студентами навчальних мультимедійних матеріалів процедурного типу, підготовлених викладачем за допомогою вбудованих програмних інструментів.

Для встановлення комерційного потенціалу розробленої нами підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД) було проведено її технологічний аудит, для чого було запрошено 3-х відомих і визнаних експертів – кандидатів технічних наук, доцентів Гармаша В.В., Кулика Я.А. та Севастьянова В.М.

Встановлення комерційного потенціалу розробленої нами підсистеми (ППСД) у складі загальної системи електронної підтримки навчального

процесу було здійснено за загально визнаними критеріями, наведеними в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу будь-якої розробки і їх бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою

Продовження таблиці 4.1

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так	Необхідно наймати фахівців або	Необхідне незначне навчання	Необхідне незначне навчання	Є фахівці з питань як з

	і з комерційної реалізації ідеї	витрачати значні кошти та час на навчання наявних фахівців	фахівців та збільшення їх штату	фахівців	технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Запрошені експерти оцінили розроблену нами підсистему підтримки студентської діяльності (ППСД) таким чином (табл. 4.2):

Таблиця 4.2 – Результати технологічного аудиту розробленої нами підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД) (за шкалою оцінювання 0-1-2-3-4)

Критерії	Прізвище, ініціали експертів
----------	------------------------------

	Гармаш В.В.	Кулик Я.А.	Севастьянов В.М.
	Бали, що їх виставили експерти:		
1	4	3	4
2	3	4	3
3	4	3	3
4	3	4	4
5	4	3	4
6	4	3	3
7	3	3	3
8	4	4	3
9	3	4	4
10	3	4	3
11	4	3	3
12	4	4	4
Сума балів	СБ ₁ = 43	СБ ₂ = 42	СБ ₃ = 41
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{43 + 42 + 41}{3} = \frac{126}{3} = 41,00$		

Встановлення комерційного потенціалу розробленої нами підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД) у складі системи електронної підтримки було зроблено на основі рекомендацій, наведених в таблиці 4.3 [1].

Таблиця 4.3 – Рівні комерційного потенціалу будь-якої наукової розробки

Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 48	Високий

Оскільки середньоарифметична сума балів, що їх виставили експерти, складає 41,00 балів, то це свідчить, що розроблена нами підсистема підтримки студентської діяльності (ППСД) у складі системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет

речей» має рівень комерційного потенціалу, який вважається «високим».

Це пояснюється тим, що розроблене нами програмне забезпечення було побудоване на основі інформаційних он-лайн Інтернет-сервісів Google та програмних інструментів Microsoft Office 365, що дозволяє ефективніше формувати у студентів сучасні фахові знання з обраної спеціальності.

4.2 Розрахунок витрат на розроблення підсистеми підтримки студентської діяльності у складі системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей»

При розробленні підсистеми ППСД були зроблені певні витрати. Зокрема:

А). Основна заробітна плата розробників – Z_o .

Основна заробітна плата розробників Z_o складається з витрат на виконання певних операцій, до яких належать: аналізування вимог до підсистеми; планування робіт, проєктування підсистеми; програмування підсистеми, розгортання та підтримка підсистеми та інше.

Окрім того, до витрат на розробку підсистеми ППСД потрібно віднести витрати на оплату праці керівника роботи, консультантів тощо.

У загальному (і спрощеному) вигляді витрати на основну заробітну плату розробників підсистеми ППСД (протягом 05.02.2024 – 14.06.2024 рр.) становлять:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \quad \text{грн,} \quad (4.1)$$

де M – місячний посадовий оклад розробника (дослідника), грн; прийmemo, що

$M = (8000 \dots 40000)$ грн/місяць;

T_p – число робочих днів в місяці; прийmemo $T_p = 21$ день;

t – число днів роботи розробників.

Зроблені розрахунки зведемо до таблиці 4.4:

Таблиця 4.4 – Основна заробітна плата розробників – Z_o

Найменування посади виконавця (розробника)	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів (годин) роботи	Витрати на оплату праці, грн
1. Науковий керівник магістерської кваліфікаційної роботи	25500	1214,28	20 годин	≈ 4048 (при 6-годинному робочому дні)
2. Магістрант-студент-виконавець	Беремо мінімальну оплату 8000 грн	380,95	78 днів	≈ 29715
3. Консультант з економічної частини	18000	857,14	1,5 години	≈ 215
4. Інші консультанти	21000	1000	1 день	1000
Загалом				$Z_o = 34978$ грн

Б). Додаткова заробітна плата Z_d розробників розраховується як (10...12)% від величини їх основної заробітної плати, тобто:

$$Z_d = \alpha \cdot Z_o = (0,1...0,12) \cdot Z_o.$$

(4.2)

Приймемо, що $\alpha = 0,118$. Тоді для нашого випадку отримаємо:

$$Z_d = 0,118 \times 34978 = 4127,40 \approx 4128 \text{ грн.}$$

В). Нарахування на заробітну плату $HЗП_{зп}$ розробників (дослідників) розраховуються за формулою:

$$\text{НЗП}_{\text{зп}} = (З_{\text{о}} + З_{\text{д}}) \cdot \frac{\beta}{100},$$

(4.3)

де β – ставка обов'язкового єдиного внеску на державне соціальне страхування, %. $\beta = 22\%$. Тоді:

$$\text{НЗН}_{\text{зп}} = (34978 + 4128) \times 0,22 = 8603,32 \approx 8604 \text{ грн.}$$

Г). Амортизація основних засобів А, які використовувались під час виконання цієї роботи:

$$A = \frac{\text{Ц} \cdot \text{Н}_{\text{а}}}{100} \cdot \frac{T}{12} \quad \text{грн,}$$

(4.4)

де Ц – загальна балансова вартість основних засобів, грн;

$\text{Н}_{\text{а}}$ – річна норма амортизаційних відрахувань. Для нашого випадку можна прийняти, що $\text{Н}_{\text{а}} = (2,5 \dots 25)\%$;

T – термін використання основних засобів, місяці.

Зроблені розрахунки зведено в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання, приміщень тощо	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Термін використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
1. Комп'ютерна техніка, обладнання тощо	50000	25	4,0 (при 80% використанні)	≈ 3333
2. Приміщення університету, кафедри	20000	2,5	3,0 при 30% використанні	$37,50 \approx 38$

Всього	A = 3371 грн
--------	--------------

Д). Витрати на матеріали М розраховуються за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n H_i \cdot \Pi_i \cdot K_i - \sum_{i=1}^n B_i \cdot \Pi_b \quad \text{грн.,} \quad (4.5)$$

де H_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг; Π_i – вартість матеріалу i -го найменування; K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,15)$; B_i – маса відходів матеріалу i -го найменування; Π_b – ціна відходів матеріалу i -го найменування; n – кількість видів матеріалів.

Е). Витрати на комплектуючі К розраховуються за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n H_i \cdot \Pi_i \cdot K_i \quad \text{грн.,} \quad (4.6)$$

де H_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.; Π_i – ціна комплектуючих i -го виду; K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,15)$; n – кількість видів комплектуючих.

Під час виконання магістерської роботи загальні витрати на матеріали та комплектуючі склали приблизно 1030 грн.

Ж). Витрати на силову електроенергію V_e розраховуються за формулою:

$$V_e = \frac{B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}}{K_d}, \quad (4.7)$$

де B – вартість 1 кВт-год. електроенергії, в 2024 р. $B \approx 4,5$ грн/кВт;

Π – установлена потужність обладнання, кВт; $\Pi = 0,8$ кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин.

Прийmemo, що $\Phi = 380$ годин;

K_{Π} – коефіцієнт використання потужності; $K_{\Pi} < 1 = 0,84$.

K_d – коефіцієнт корисної дії, $K_d = 0,73$.

Тоді витрати на силову електроенергію будуть дорівнювати:

$$B_e = \frac{B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}}{K_d} = \frac{4,5 \cdot 0,8 \cdot 380 \cdot 0,84}{0,73} = 1574,14 \approx 1574 \text{ грн.}$$

И). Інші витрати $B_{\text{інш}}$ можна прийняти як (50...300)% від основної заробітної плати розробників, тобто:

$$B_{\text{інш}} = \beta \times Z_o = (0,5 \dots 3) \times Z_o. \quad (4.8)$$

Прийнявши, що $\beta = 0,65$, отримаємо:

$$B_{\text{інш}} = 0,65 \times 34978 = 22735,7 \approx 22736 \text{ грн.}$$

К). Сума всіх попередніх статей витрат складає витрати на виконання цього етапу роботи (безпосередньо розробником-магістрантом), тобто витрат на розробку підсистеми підтримки студентської діяльності ППСД – B_2 .

$$B_2 = 34978 + 4128 + 8604 + 3371 + 1030 + 1574 + 22736 = 76421 \text{ грн.}$$

Л). Далі потрібно врахувати, що витрати B_2 на розробку підсистеми студентської діяльності ППСД становлять тільки частину витрат на розробку загальної системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей». Іншу частину витрат становлять витрати B_1 на розробку *підсистеми підтримки викладацької діяльності – ППВД*.

Розробку цієї підсистеми ППВД робив магістрант – О.В. Оглобля. За його розрахунками величина витрат B_1 становить 78672 грн.

Тоді загальні витрати $B_{\text{заг}}$ на розробку та можливе впровадження

загальної системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей» розраховуються за формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\beta},$$

(4.9)

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання цієї роботи. Можна прийняти, що, $\beta \approx 0,95$ [, оскільки робота майже практично завершена.

$$\text{Тоді: } B_{\text{заг}} = \frac{B_1 + B_2}{\beta} = \frac{78672 + 76421}{0,95} = 163255,78 \text{ грн}$$

або приблизно 164 тисячі грн.

Тобто прогнозовані загальні витрати на розробку та можливе впровадження (комерціалізацію) розробленої нами системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей», яка складаються з підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) та підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД), становлять приблизно 164 тисячі грн.

4.3 Розрахунок економічного ефекту від можливої комерціалізації нашої розробки

Економічний ефект від впровадження та можливої комерціалізації розробленої нами системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей», яка складається з підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) та підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД), пояснюється її значно кращими

функціональними можливостями. Тому нашу розробку можна буде реалізовувати на ринку дещо дорожче, ніж аналогічні за функціями розробки. У дослідженні, яке зробив магістрант О.В.Оглобля, було зазначено, що у 2024 році подібні системи вартували на ринку приблизно 200 тисяч грн. Тому ним було запропоновано реалізовувати нашу розробку на ринку за ціною приблизно 225 тисяч грн або на $(225 - 200) = 25$ тисяч грн дорожче.

Окрім того проведений аналіз ринку показав, що кількість потенційних користувачів нашої системи електронної підтримки навчального процесу у 2024 році становила: 60 вищих навчальних закладів + 75 професійних навчальних центрів та корпоративних академій + 100 викладачів та тренерів, тобто 235 потенційних споживачів. Аналіз ринку також показав, що потенційна кількість замовників розробленої нами системи також буде зростати (що обумовлено стрімким розвитком науково-технічного прогресу, в тому числі і в освітній діяльності).

Тобто, якщо наша розробка буде впроваджена з 1 січня 2025 року, то її результати будуть виявлятися протягом 2025-го, 2026-го та 2027-го років.

Зі свого боку, ми пропонуємо зменшити ціну реалізації нашої розробки з рівня 225 тисяч грн до 220 тисяч грн, тобто реалізовувати її дешевше, ніж запропонував магістрант О.В. Оглобля. Це має викликати зростання попиту на нашу розробку. Тобто зростання попиту на розроблену нами систему може становити по роках додатково $+(1...2)\%$ до базового року, тобто зростання попиту по роках може становити:

- а) 2025 р. – приблизно + 12 шт. до базового року;
- б) 2026 р. – +17 шт. до базового року;
- в) 2027 р. – +23 шт. до базового року.

Тоді можливе збільшення чистого прибутку $\Delta\P_i$, що його може отримати потенційний інвестор від комерціалізації нашої розробки, тобто виведення нашої розробки на ринок, становитиме:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{v}{100}\right),$$

(4.10)

де $\Delta\Pi_o$ – покращення основного якісного показника від впровадження результатів нашої розробки у цьому році. Для нашого випадку це є збільшення ціни реалізації нашої розробки $\Delta\Pi_o = (220 - 200) \approx 20$ тисяч грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у році до впровадження результатів розробки; $N = 235$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки. Таке покращення становитиме по роках: у 2025 році – + 12 шт., у 2026 році +17 шт. та у 2027 році + 23 шт. (відносно базового 2024 року);

Π_o – основний якісний показник (тобто ціна), який визначає обсяг діяльності у році після впровадження результатів розробки, грн; $\Pi_o = 220$ тисяч грн;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки; для нашого випадку $n = 3$;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість; $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати $\rho = (0,2 \dots 0,5)$; візьмемо $\rho = 0,25$;

v – ставка податку на прибуток. У 2024 році $v = 18\%$. У наступних роках також очікуємо $v = 18\%$.

Тоді можливе зростання чистого прибутку $\Delta\Pi_1$ для потенційного інвестора протягом першого року від можливого впровадження нашої розробки (2025 р.) становитиме:

$$\Delta\Pi_1 = [20 \cdot 235 + 220 \cdot 12] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) \approx 1254 \text{ тис. грн.}$$

Можливе зростання чистого прибутку $\Delta\Pi_2$ для потенційного інвестора від можливого впровадження нашої розробки протягом другого (2026 р.) року становитиме:

$$\Delta\Pi_2 = [20 \cdot 235 + 220 \cdot 17] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) \approx 1442 \text{ тис. грн.}$$

Можливе зростання чистого прибутку $\Delta\Pi_3$ для потенційного інвестора від можливого впровадження нашої розробки протягом третього (2027) року складе:

$$\Delta\Pi_3 = [20 \cdot 235 + 220 \cdot 23] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) \approx 1667 \text{ тис. грн.}$$

Приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження нашої розробки становитиме:

$$\Pi\Pi = \sum_{i=1}^t \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (4.11)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн;

t – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої роботи, роки. Для нашого випадку $t = 3$ роки;

τ – ставка дисконтування. Прийнемо прогнозне значення ставки τ на 2025 рік:

$$\tau = 0,10 \text{ (10\%);}$$

t – період часу від моменту початку розроблення нашої системи до моменту отримання потенційним інвестором можливих чистих прибутків.

Тоді приведена вартість зростання всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від комерціалізації нашої розробки, складе:

$$ПП^{10\%} = \frac{1254}{(1+0,1)^2} + \frac{1442}{(1+0,1)^3} + \frac{1667}{(1+0,1)^4} \approx 1037 + 1084 + 1139 = 3260 \text{ тисяч грн.}$$

Теперішня вартість інвестицій PV, що повинні бути вкладені інвестором для реалізації і комерціалізації нашої розробки: $PV = (1,0 \dots 5) \times B_{\text{заг}}$.

Для нашого випадку приймемо, що:

$$PV = (1,0 \dots 5) \times 164 = 3 \times 164 = 492 \text{ тисячі грн.}$$

Розраховуємо абсолютний ефект від можливих вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$.

$$(4.12) \quad E_{\text{абс}} = \text{ПП} - \text{PV},$$

де ПП – приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків для інвестора від можливого впровадження (комерціалізації) нашої розробки, грн;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 492$ тисяч грн.

Абсолютний ефект від можливого впровадження нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) за три роки складе:

$$E_{\text{абс}} = 3260 - 492 = 2768 \text{ тисяч грн.}$$

Оскільки $E_{\text{абс}} > 0$, то комерціалізація нашої розробки може бути доцільною.

Далі розрахуємо внутрішню дохідність E_B вкладених інвестицій:

$$E_B = \sqrt[T_{\text{ж}}]{1 + \frac{E_{\text{абс}}}{PV}} - 1, \quad (4.13)$$

де $E_{\text{абс}}$ – абсолютний ефект вкладених інвестицій; $E_{\text{абс}} = 2768$ тис. грн;

PV –теперішня вартість початкових інвестицій $PV = 492$ тис. грн;

$T_{\text{ж}}$ – життєвий цикл розробки, роки.

$T_{\text{ж}} = 4$ років (2024-й, 2025-й, 2026-й, 2027-й роки)

Для нашого випадку отримаємо:

$$E_B = \sqrt[4]{1 + \frac{2768}{492}} - 1 = \sqrt[4]{1 + 5,6260} - 1 = \sqrt[4]{6,6260} - 1 = 1,604 - 1 = 0,604 = 60,4\%.$$

Далі визначимо ту мінімальну дохідність, нижче за яку потенційному інвестору не вигідно буде займатися комерціалізацією нашої розробки.

Мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування $\tau_{\text{мін}}$ визначається за формулою:

$$\tau_{\text{мін}} = d + f, \quad (4.14)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2024 році в Україні $d = (0,15...0,20)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; $f = (0,1...0,30)$.

Прийmemo $f = 0,30$.

Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau_{\text{мін}} = 0,20 + 0,30 = 0,50 \text{ або } \tau_{\text{мін}} = 50\%.$$

Оскільки величина $E_b = 60,4\% > \tau_{\min} = 50\%$, то потенційний інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні та комерціалізації нашої розробки.

Далі розраховуємо термін окупності коштів, вкладених у можливу комерціалізацію розробленої нами системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей».

Термін окупності $T_{ок}$ розраховується за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_b}.$$

(4.15)

Для нашого випадку термін окупності $T_{ок}$ коштів становитиме:

$$T_{ок} = \frac{1}{0,604} = 1,66 \text{ років} < 3 \text{ років},$$

що свідчить про потенційну доцільність комерціалізації розробленої нами системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей», яка складається з підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) та підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД).

Далі проведено моделювання залежності величини внутрішньої дохідності вкладених потенційних інвестицій від рівня інфляції в країні. Прийнявши прогнозований рівень інфляції у 20%, отримаємо:

$$ПП^{20\%} = \frac{1254}{(1+0,2)^2} + \frac{1442}{(1+0,2)^3} + \frac{1667}{(1+0,2)^4} \approx 871 + 835 + 804 = 2510 \text{ тисяч грн.}$$

Тоді абсолютний ефект від можливого впровадження нашої розробки за три роки складе:

$$E_{\text{абс}} = 2510 - 492 = 2018 \text{ тисяч грн.}$$

Внутрішня дохідність E_v вкладених інвестицій становитиме:

$$E_v = \sqrt[3]{1 + \frac{E_{\text{абс}}}{PV}} - 1,$$

де $E_{\text{абс}}$ – абсолютний ефект вкладених інвестицій; $E_{\text{абс}} = 2018$ тисяч грн;

PV –теперішня вартість початкових інвестицій $PV = 492$ тисяч грн.

Для нашого випадку отримаємо:

$$E_v = \sqrt[3]{1 + \frac{2018}{492}} - 1 = \sqrt[3]{1 + 4,1016} - 1 = \sqrt[3]{5,1016} - 1 = 1,503 - 1 = 0,503 = 50,3\%.$$

Тобто і у цьому випадку, оскільки величина $E_v = 50,3\% > \tau_{\text{мін}} = 50\%$, то потенційний інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні та комерціалізації нашої розробки.

Прийнявши прогнозований рівень інфляції у 30%, отримаємо:

$$\text{ПП}^{30\%} = \frac{1254}{(1+0,3)^2} + \frac{1442}{(1+0,3)^3} + \frac{1667}{(1+0,3)^4} \approx 742 + 657 + 584 = 1983 \text{ тисяч грн.}$$

Тоді абсолютний ефект від можливого впровадження (комерціалізації) нашої розробки за три роки складе:

$$E_{\text{абс}} = 1983 - 492 = 1491 \text{ тисяч грн.}$$

Внутрішня дохідність E_v вкладених інвестицій становитиме:

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1,$$

де $E_{абс}$ – абсолютний ефект вкладених інвестицій; $E_{абс} = 1491$ тисячі грн;

PV –теперішня вартість початкових інвестицій $PV = 492$ тисяч грн.

Для нашого випадку отримаємо:

$$E_B = \sqrt[4]{1 + \frac{1491}{492}} - 1 = \sqrt[4]{1 + 3,0305} - 1 = \sqrt[4]{4,0305} - 1 = 1,417 - 1 = 0,417 = 41,7\%.$$

Зроблені розрахунки у вигляді графіків наведено на рис. 4.1.

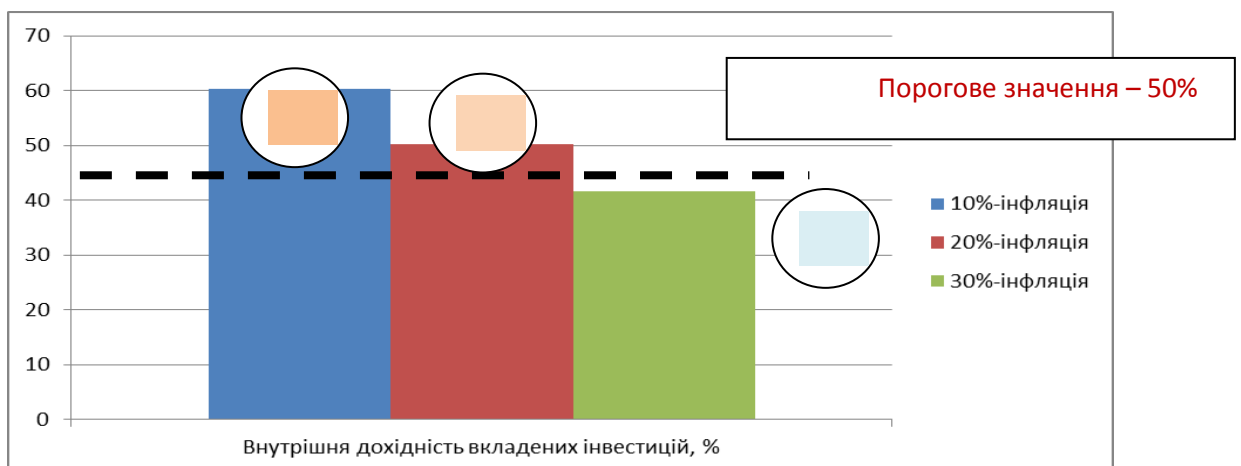


Рисунок 4.1 – Моделювання залежності величини внутрішньої дохідності потенційних інвестицій від рівня інфляції в країні

Аналіз графіка на рисунку 4.1 показує, що при рівні інфляції в 10% величина внутрішньої дохідності інвестицій становить $E_B = 60,4\%$, що значно вище порогового значення $\tau_{\min} = 50\%$, і тому комерціалізація нашої розробки є доцільною. При рівні інфляції в 20% величина внутрішньої дохідності інвестицій, вкладених в комерціалізацію нашої розробки, становить $E_B =$

50,3%, що також вище порогового значення $\tau_{\min} = 50\%$, і тому комерціалізація нашої розробки потенційним інвестором також є доцільно.

При рівні інфляції в країні у 30% величина внутрішньої дохідності інвестицій, вкладених у можливу комерціалізацію нашої розробки, становить $E_b = 41,7\%$, тобто нижче порогового значення $\tau_{\min} = 50\%$. Тобто доцільність комерціалізації нашої розробки у цьому випадку вимагає проведення додаткових розрахунків (наприклад, збільшенням ціни реалізації розробленої системи тощо).

Але у будь-якому випадку економічна ефективність інвестицій, вкладених в розробку системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей», буде дещо нижчою, ніж у випадку, який був запропонований магістрантом О.В. Оглоблею у частині 1 комплексної магістерської кваліфікаційної роботи.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання досліджень в рамках розділу 1 магістерської кваліфікаційної роботи було проведене дослідження існуючих проблем організації проєктного практикуму при підготовці магістрів спеціальності. Означені задачі студентської діяльності в навчальному процесі з дисципліни «Промисловий Інтернет речей». Досліджена існуючої системи електронної підтримки навчального процесу. В результаті цього спроєктована концепція вдосконаленої підсистеми електронної підтримки студентської діяльності у навчальному процесі дисципліни «Промисловий Інтернет речей» для магістрів спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» та розроблене технічне завдання на науково-дослідну роботу з подальшого проєктування даної підсистеми електронної підтримки.

В результаті виконання розділу 2 магістерської кваліфікаційної роботи була спроєктована підсистема електронної підтримки студентської діяльності у першому навчальному модулі дисципліни «Промисловий Інтернет речей», а саме розроблений функціонал підтримки виконання СРС за темою «Основи побудови кіберфізичних систем промислового призначення», студентського практикуму за темою «Дослідження реального АТП/АВП» та студентського практикуму за темою «Аналіз реального АТП/АВП». Результати цих проєктних робіт ілюстровані різними прикладами реалізації студентської діяльності за допомогою підсистеми електронної підтримки.

В результаті виконання розділу 3 магістерської кваліфікаційної роботи була спроєктована підсистема електронної підтримки студентської діяльності у другому навчальному модулі дисципліни «Промисловий Інтернет речей», а саме розроблений функціонал підтримки студентського практикуму по темі «Пошук способу цифрової трансформації реального АТП/АВП» та студентського практикуму по темі «Проєктування КФСПП для

цифрової трансформації реального АТП/АВП». Результати цих проєктних робіт ілюстровані прикладами реалізації студентської діяльності за допомогою підсистеми електронної підтримки.

В економічному розділі магістерської кваліфікаційної роботи доведена висока економічна ефективність можливого впровадження нової методики проведення проєктного практикуму у вузах України.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Implementing Industrie 4.0: This is how it works! [Електронний ресурс]: Festo Corporate. URL : <https://youtube/ZCLHojIj7eA>.
2. Wiki : ВНТУ [Електронний ресурс] / URL : <https://wiki.vntu.edu.ua>.
3. Папінов В.М. Багатофункціональна комп'ютеризована лабораторія для наскрізної практичної підготовки студентів спеціальності 151 / В.М. Папінов, Я.А. Кулик // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології/ Міжнародний науково-технічний журнал. – 2018. - №2(36). – С. 89-104.
4. Папінов В.М. Industrial Internet of Things: практичне вивчення на базі багатофункціональної комп'ютеризованої лабораторії / В.М. Папінов, Я.А. Кулик // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології/ Міжнародний науково-технічний журнал. – 2019. - №2(38). – С.122-137.
5. Папінов В.М. Автоматизований виробничий склад: гібридне моделювання в навчальній комп'ютеризованій лабораторії / В.М. Папінов // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології/ Міжнародний науково-технічний журнал. – 2020. - №1(39). – С.61-77 (URL : <https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/download/571/545/632>).
6. Папінов В.М. Лабораторна імітація «навчальної фабрики»: гібридне моделювання матеріальних потоків / В.М. Папінов // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології/ Міжнародний науково-технічний журнал. – 2020. - №2(40). – С.65-81 (URL : <https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/view/581>).
7. Петров О.В. Система електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий інтернет речей»: підсистема підтримки студентської діяльності / О.В. Петров, В. М. Папінов // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми,

перспективи (МН-2024)» [Електронне мережне наукове видання]. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/21576/18011>.

8. Індустрія 4.0 – майбутнє технічної освіти [Електронний ресурс]: Ua.Automation.com. URL : <http://ua.automation.com/content/industrija-40-budushhee-tehnicheskogo-obrazovanija>.

9. Working and learning [Електронний ресурс]: Festo Corporate. URL : <https://www.festo.com/group/ru/cms/10968.htm>.

10. An integrated learning system for Industry 4.0 [Електронний ресурс] / URL: <https://www.festo-didactic.com/int-en/highlights/qualification-for-industry-4.0/project-workstation-i4.0-cp-lab/>.

11. Індустрія 4.0 – майбутнє технічної освіти [Електронний ресурс]: Ua.Automation.com. URL : <http://ua.automation.com/content/industrija-40-budushhee-tehnicheskogo-obrazovanija>.

12. Як ми зламували «розумну» фабрику [Електронний ресурс] / URL : <https://habr.com/ua/company/trendmicro/>.

13. Глущенко Ф. А. Розробка моделі навчальної платформи на дослідження процесу виробництва, у концепції «Індустрія 4.0» / Ф.А. Глущенко, В. Борзих, Дж. Верман, А.В. Коломбо // Науково-технічний вісник інформаційних технологій, механіки та оптики. – 2018. – Том 18. – № 3. – С.554-560.

14. Rentzos L. A two-way knowledge interaction in manufacturing education: the teaching factory / L. Rentzos, D. Mavrikios, G. Chryssolouris // Procedia CIRP. – 2015. – V. 32. – P. 31–35.

15. Faller C. Industry 4.0 learning factory for regional SMEs / C. Faller, D. Feldmuller // Procedia CIRP. – 2015. – V. 32. – P. 88–91.

16. Hummel V. Competence development for the holistic design of collaborative work systems in the Logistics Learning Factory / V. Hummel, K. Hyra, F. Ranz, J. Schuhmacher// Procedia CIRP. – 2015. – V. 32. – P. 76–81.

17. Muschard B. Realization of a learning environment to promote sustainable value creation in areas with insufficient infrastructure / B. Muschard, G. Seliger // Procedia CIRP. – 2015. – V. 32. – P. 70–75.

18. Siemens відкрила Центр з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій у Кривому Розі [Електронний ресурс]. URL : https://24tv.uasiemens-otkryla-centr-po-avtomatizacii-svezhie-novosti-krivogo-roga_n1410243.

19. Зикін Д. Проектне навчання в університеті – що це означає на практиці? / Д. Зикін [Електронний ресурс]. URL : <https://habr.com/post/562492/>.

20. Зикін Д. Проектне навчання в університеті. Частина 2 / Д. Зикін [Електронний ресурс]. URL : <https://habr.com/ru/post/569914/>.

21. Overview of digital transformation: market size, benefits and trends [Електронний ресурс]. URL: <https://www.analyticsinsight.net/overview-of-digital-transformation-market-size-benefits-and-trends/>.

22. Курс "Інформаційні технології дистанційного навчання" [Електронний ресурс]. URL : <http://cnit.ssau.ru/ito/predisl/index.htm>.

23. Стандарт онтологічного дослідження IDEF5 / [Електронний ресурс]. URL : <https://habr.com/ua/post/341987/>.

24. I am Industry [Електронний ресурс]. URL: <https://youtu.be/Vt8t51udq-I>.

25. Вбудовування у презентацію звукових, відео, флеш-файлів [Електронний ресурс]. URL : <http://www.nachalka.com/node/1406>.

26. Шеремет'єва Є.Г. Основи роботи з редактором презентацій Microsoft PowerPoint 2003/2007/2010 / Є.Г. Шеремет'єва. – К: Львівська політехніка, 2010. – 55 с.

27. Черемних С.В. Моделювання та аналіз систем. IDEF-технології: практикум / С.В. Черемних, І.О. Семенов, В.С. Ручкін. - К.: Вища школа, 2016. - 192 с.

28. Reference Models for Digital Manufacturing Platforms/ Francisco Fraile, Raquel Sanchis, Raul Poler, Angel Ortiz// MDPI: Appl. Sci. 2019, 9, 4433; doi:10.3390/app9204433. [Електронний ресурс]. URL : www.mdpi.com/journal/applsci.

29. Peter Adolphs. RAMI 4.0: An architectural Model for Industrie 4.0/ [Електронний ресурс]. URL : www.plattform-i40.de.

30. Трехмерная эталонная архитектурная модель RAMI 4.0 / [Електронний ресурс]. URL : https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ru?1dmy&urile=wcm:path:/ruru/web/offcontext/insite_landing_pages/1323f37f-e566-4009-8645-661c715cea23/6ddf5dfb-dbc8-47c8-8f1a-dc915d263cd3/605016fb-ed97-4b22-a6fb-de1f93556226/605016fb-ed97-4b22-a6fb-de1f93556226

31. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / Укладачі В.О. Козловський, О.Й. Лесько, В.В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

Додаток А

(обов'язковий)

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри АІТ

_____ Олег БІСІКАЛО

«__» _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на комплексну магістерську кваліфікаційну роботу

«Система електронної підтримки навчального процесу з дисципліни

«Промисловий Інтернет речей»

Частина 2. Підсистема підтримки студентської діяльності

08-31.МКР.00 .02.000 ТЗ

Керівник роботи:

к.т.н., доц. кафедри АІТ

Владислав КАБАЧІЙ

“__” _____ 2024 р.

Виконавець:

ст.. гр. АКІТ-22мз

Олександр ПЕТРОВ

“__” _____ 2024 р.

Вінниця – 2024 рік

1 Назва і галузь застосування

Система електронної підтримки (СЕР) навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей»

СЕР буде використовуватися як програмно-технічний засіб навчання при підготовці у вищому навчальному закладі фахівців зі спеціальностей 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" та 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка".

2 Підстава для розробки

Робота виконується на підставі наказу по університету №____ від _____.2024 р. та індивідуального завдання, складеного та затвердженого кафедрою АІТ ВНТУ.

3 Мета та призначення розробки

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є створення на основі існуючої система автоматизованого управління даними освітнього процесу та документообігу «JetIQ» ВНТУ та існуючого інформаційно-освітнього середовища типу «віртуальне хімічне виробництво» кафедри АІТ ВНТУ системи електронної підтримки навчального процесу, яка підвищить ефективність викладацької та студентської діяльності, спрямованих на вирішення основних задач професійно-орієнтованої дисципліни «Промисловий Інтернет речей».

СЕР призначена для забезпечення лекцій та практикуму вибіркової дисципліни "Промисловий Інтернет речей" (1 курс магістерської підготовки).

Використання СЕР дозволяє створити умови для індивідуальної когнітивної діяльності студента при рішенні реальних проектних задач, сприяє більш глибокому вивченню студентом теоретичного матеріалу навчальної

дисципліни, а також дає можливість сформувати у студента відповідні професійно-орієнтовані практичні уміння та навички проєктування.

4 Джерела розробки

1. Папінов В.М. Багатофункціональна комп'ютеризована лабораторія для наскрізної практичної підготовки студентів спеціальності 151 / В.М. Папінов, Я.А. Кулик // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології/ Міжнародний науково-технічний журнал. - 2018. - №2(36). - С. 89-104.
2. Папінов В.М. Industrial Internet of Things: практичне вивчення на базі багатофункціональної комп'ютеризованої лабораторії / В.М. Папінов, Я.А. Кулик // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології/ Міжнародний науково-технічний журнал. - 2019. - №2(38). - С.122-137.
3. Папінов В.М. Автоматизований виробничий склад: гібридне моделювання в навчальній комп'ютеризованій лабораторії / В.М. Папінов // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології/ Міжнародний науково-технічний журнал. - 2020. - №1(39). - С.61-77 (URL : <https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/download/571/545/632>).
4. Папінов В.М. Лабораторна імітація "навчальної фабрики": гібридне моделювання матеріальних потоків / В.М. Папінов // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології/ Міжнародний науково-технічний журнал. - 2020. - №2(40). - С.65-81 (URL : <https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/view/581>).
5. Пупена О.М. Автоматизовані системи управління виробництвом (MES-рівень): курс лекцій для студ. освіт. ст. "магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціалізації "Інтегровані автоматизовані системи управління " денної та заочної форм навчання / О.М. Пупена, Р.М. Міркевич. - К.: НУХТ, 2016. -135 с.

5 Показники призначення

Об'єктом досліджень є навчальний процес підготовки у вищому технічному навчальному закладі магістрів з автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки. Такий об'єкт досліджень відноситься до наукової дисципліни "Інженерна педагогіка".

Предметом досліджень є підвищення ефективності теоретичного та практичного вивчення студентами методів та засобів цифрової трансформації існуючого автоматизованого технологічного/технічного процесу (АТП) у АТП «розумного» цифрового виробництва за рахунок використання в навчальному процесі системи електронної підтримки викладацької та студентської освітньої діяльності .

Задачі досліджень магістерської кваліфікаційної роботи:

1. Дослідження існуючих проблем організації проєктного практикуму при підготовці магістрів спеціальності до реалізації концепції «Індустрія 4.0».
2. Дослідження основних задач, виконуваних студентом, в ході навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей».
3. Техніко-економічне та науково-технічне обґрунтування концепції вдосконаленої системи електронної підтримки навчального процесу.
4. Розробка технічного завдання на науково-дослідну роботу.
5. Архітектурне проєктування підсистеми електронної підтримки студентської діяльності.
6. Проєктування програмних функцій підсистеми для студентської діяльності в рамках першого модуля дисципліни.
7. Проєктування програмних функцій підсистеми для студентської діяльності в рамках другого модуля дисципліни.

В основу СЕП необхідно покласти існуючу в ВНТУ систему автоматизованого управління даними освітнього процесу та документообігу "JetIQ" ВНТУ 2 , але задіяти для цього додатковий її функціонал, зазвичай не використовуваний викладачами;

СЕП повинна дозволяти студенту переглядати різноманітні навчальні мультимедійні матеріали процедурного характеру, що розроблені викладачем та надані студентами для вивчення (їх використання в навчальному процесі у великій мірі сприятиме формуванню у студентів професійних знань, що не артикулюються (уміння, досвід, навички, інтуїція);

Для посилення процедурного характеру навчального матеріалу даної дисципліни СЕП повинна забезпечувати студенту можливість приймати участь у виконанні тих чи інших проєктних процесів або інформаційних досліджень предметної області, які демонструє викладач у режимі он-лайн під час лекцій;

СЕП повинна надавати студенту усі необхідні програмні інструменти, за допомогою яких він буде виконувати індивідуальні завдання в рамках проєктного практикуму (наприклад для виконання аналізу існуючого АТП/АВП, для проведення онтологічних досліджень предметної області та оформлення їх результатів, для оформлення проєктних рішень промислової КФС).

СЕП повинна забезпечувати нормальний режим роботи без втрати працездатності на протязі навчального року.

6 Економічні показники

До основних економічних показників входять:

- термін окупності інвестицій до 3 років;
- внутрішня дохідність інвестицій, %. – більше 50,0 ;
- абсолютний ефект від впровадження, тис. грн.. – не менше 3000,0;
- витрати на розробку, не більше, тис. грн. – 80,0 ;

7 Стадії розробки

1. Етап «Науково-технічне та техніко-економічне обґрунтування роботи» та розробка технічного завдання має бути виконаний до 15.03.24 р.

2. Етап «Проектування підсистеми підтримки студентської діяльності у першому навчальному модулі» має бути виконаний до 15.04.24 р.

3. Етап «Проектування підсистеми підтримки студентської діяльності у другому навчальному модулі» має бути виконаний до 15.05.24 р.
4. Етап «Економічний розділ» має бути виконаний до 31.05.24 р.

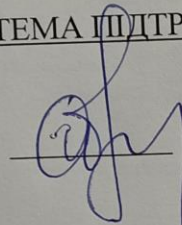
8 Порядок контролю та приймання

1. Рубіжний контроль – 10.06.24 р.
2. Попередній захист – 12.06.24 р.
3. Захист роботи – в період з 14.06.24 р. по 30.06.24 р. за графіком, встановленим кафедрою АІТ.

Додаток Б
(обов'язковий)
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННОЇ ПІДТРИМКИ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ З
ДИСЦИПЛІНИ «ПРОМИСЛОВИЙ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ»
ЧАСТИНА 2. ПІДСИСТЕМА ПІДТРИМКИ СТУДЕНТСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Зав. кафедри АІТ



д-р техн. наук, професор каф. АІТ
Олег БІСІКАЛО

Керівник роботи



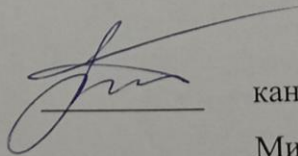
канд. техн. наук, доц. каф. АІТ
Владислав КАБАЧІЙ

Тех. контроль



канд. техн. наук, доц. каф. АІТ
Владислав КАБАЧІЙ

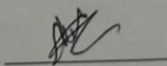
Опонент



канд. техн. наук, професор каф. КСУ
Микола БИКОВ

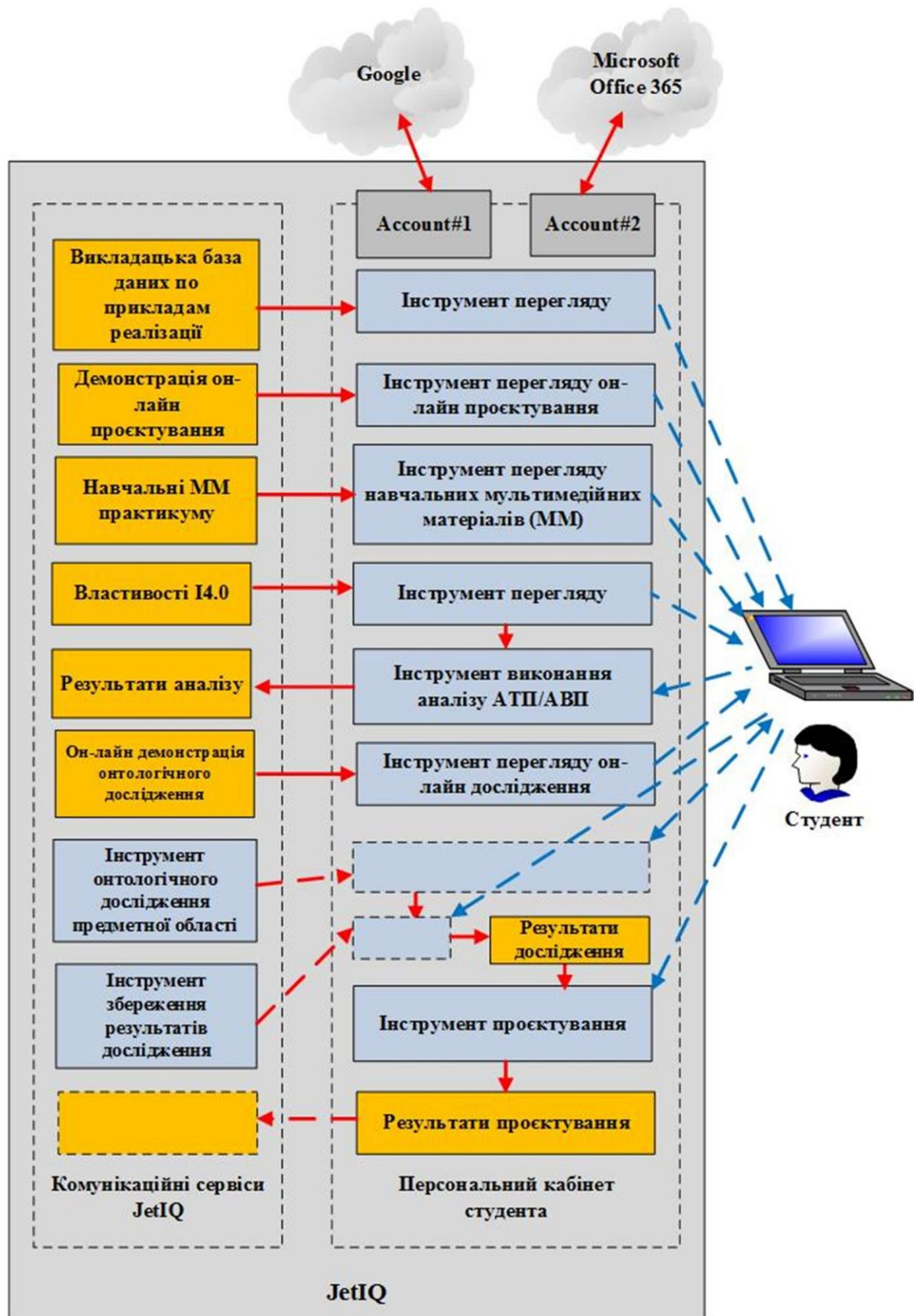
Студент

гр. АКІТ-22мз

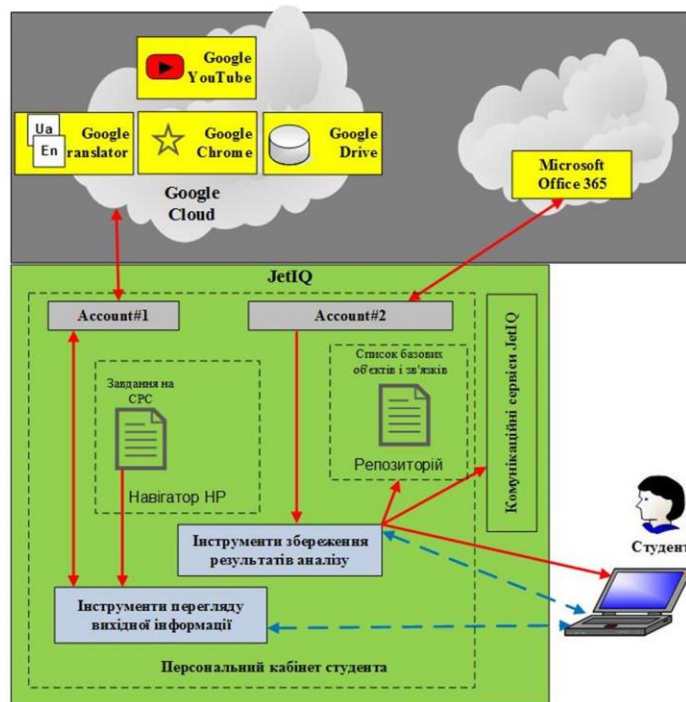


Олександр ПЕТРОВ

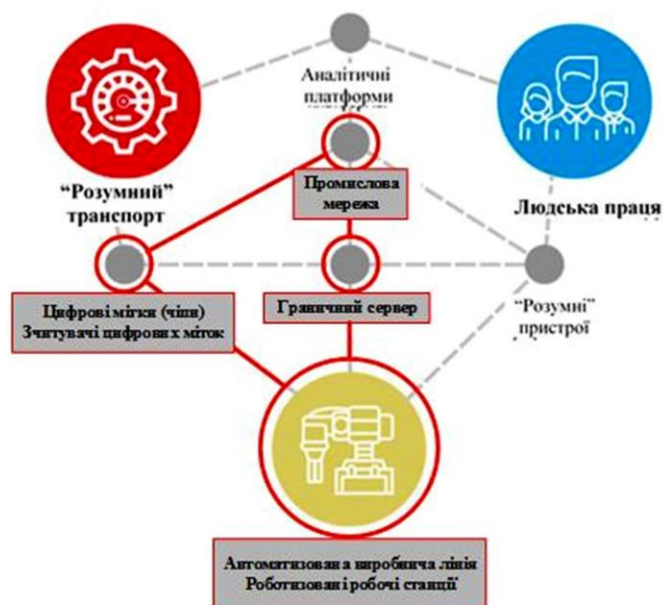
КОНЦЕПЦІЯ ВДОСКОНАЛеної ПІДСИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОЇ ПІДТРИМКИ



ПІДТРИМКА ВИКОНАННЯ СРС ЗА ТЕМОЮ "ОСНОВИ ПОБУДОВИ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ"

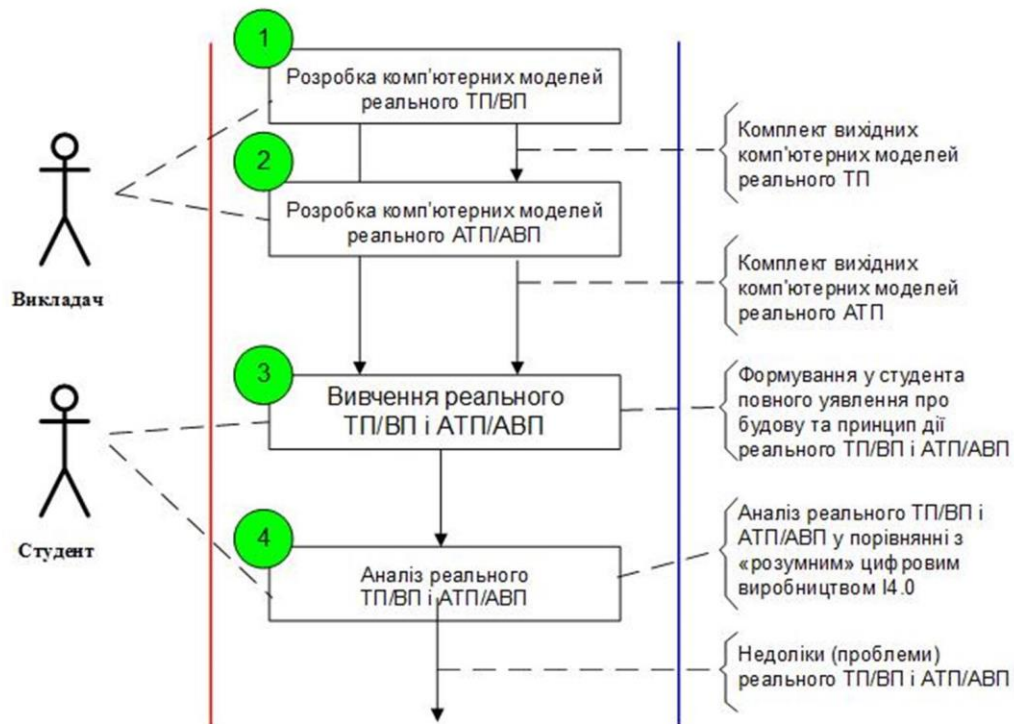


Деталізована функціональна структура підсистеми підтримки самостійної роботи студента

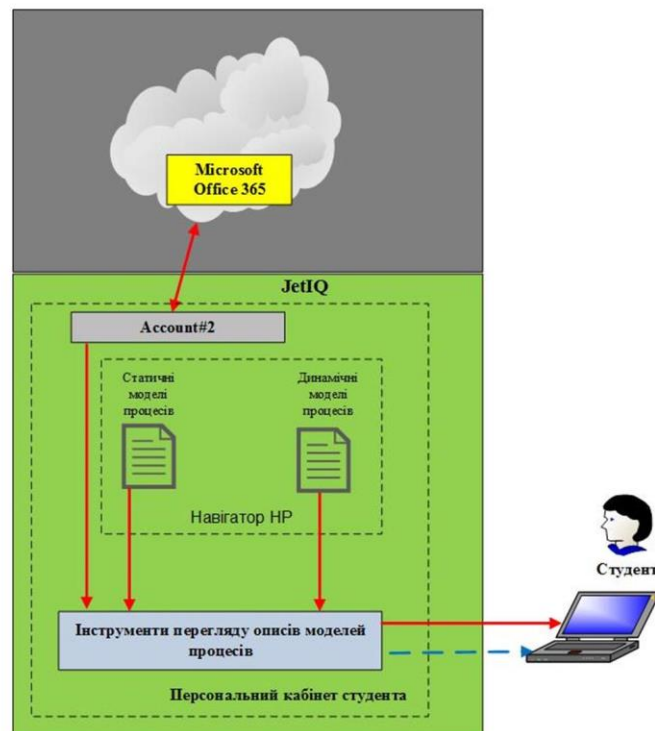


Загальна ідея побудови КФСП у вигляді графічної онтологічної моделі

ПІДТРИМКА СТУДЕНТСЬКОГО ПРАКТИКУМУ ЗА ТЕМОЮ "ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАЛЬНОГО АТП/АВП"

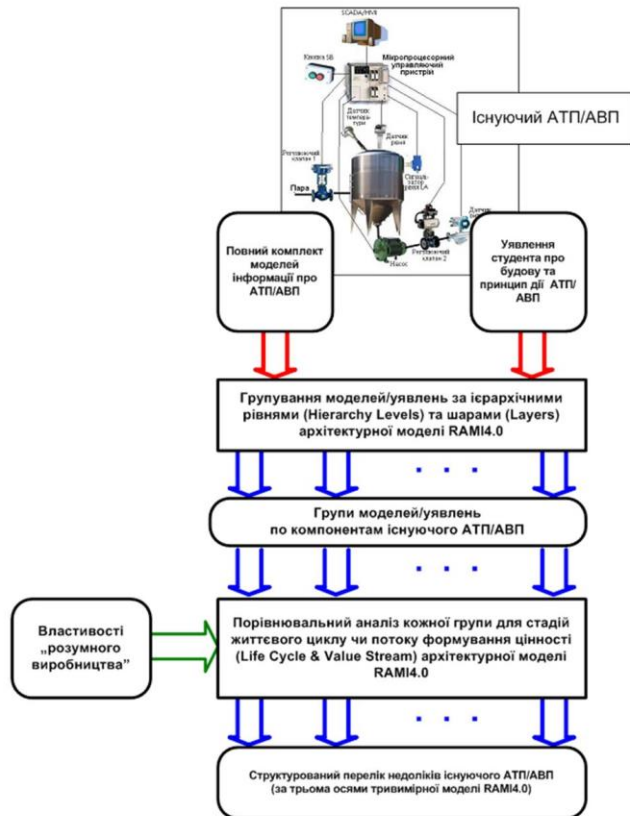


Алгоритм послідовного виконання проєктного практикуму

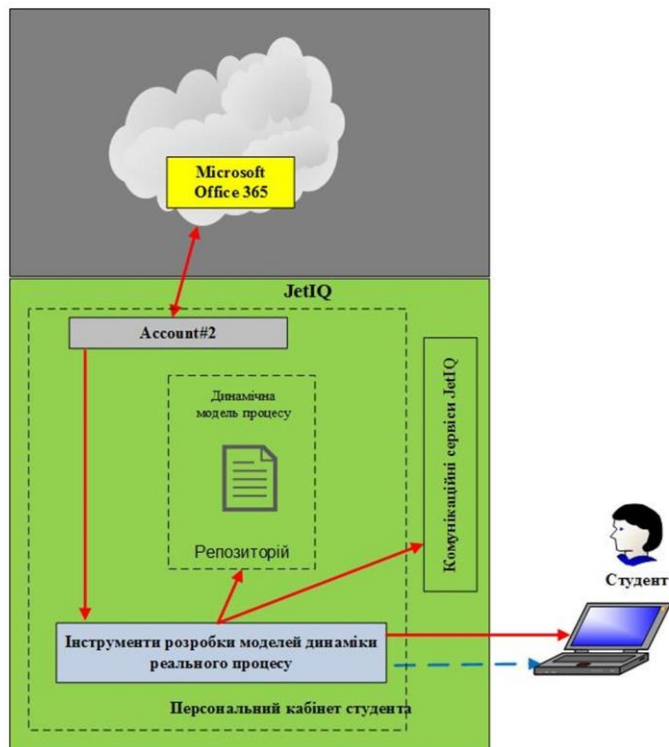


Деталізована функціональна структура підсистеми підтримки студентської діяльності "Вивчення реального АТП/АВП"

ПІДТРИМКА СТУДЕНТСЬКОГО ПРАКТИКУМУ ЗА ТЕМОЮ "АНАЛІЗ РЕАЛЬНОГО АТП/АВП"



Алгоритм виконання стадії "Аналіз існуючого АТП/АВП"



Деталізована функціональна структура підсистеми підтримки діяльності студента з моделювання динаміки наявної проблеми АТП/АВП

ПІДТРИМКА ПРАКТИКУМУ ПО ТЕМІ "ПОШУК СПОСОБУ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ РЕАЛЬНОГО АТП/АВП"

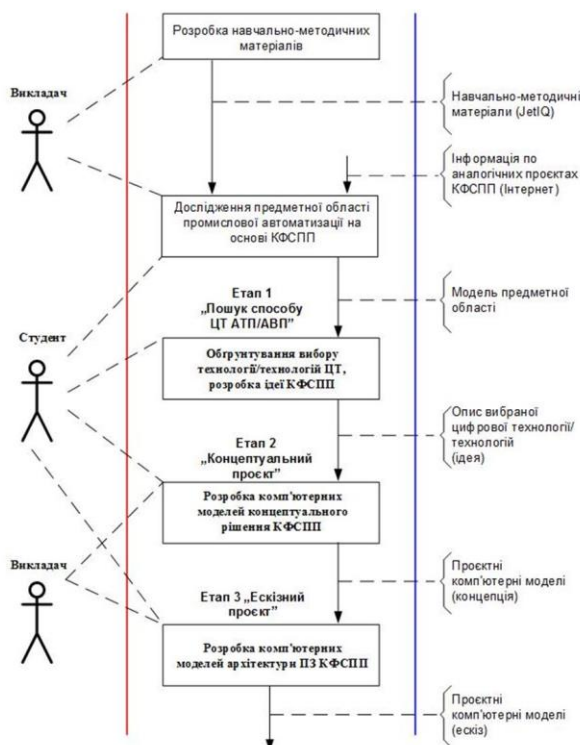
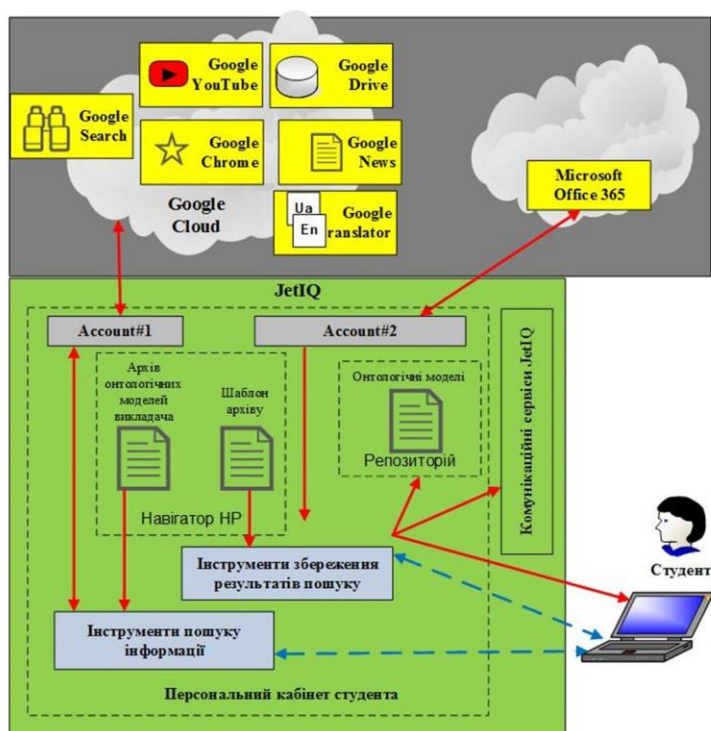
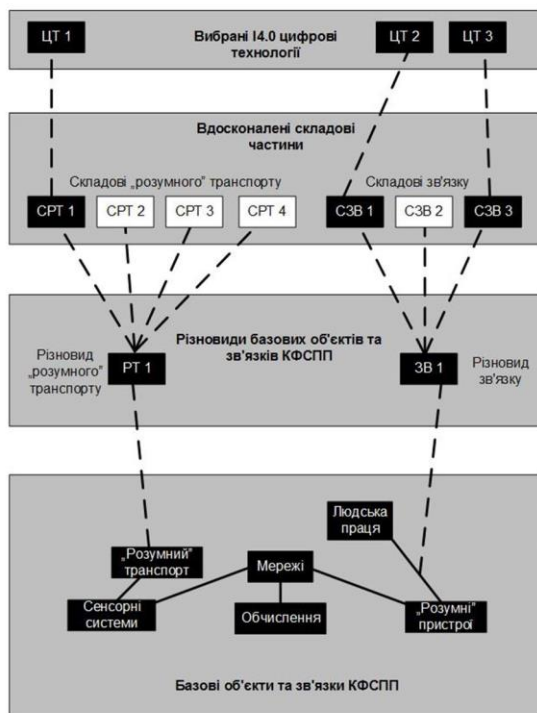


Схема виконання студентського проєктного практикуму у другому навчальному модулі дисципліни

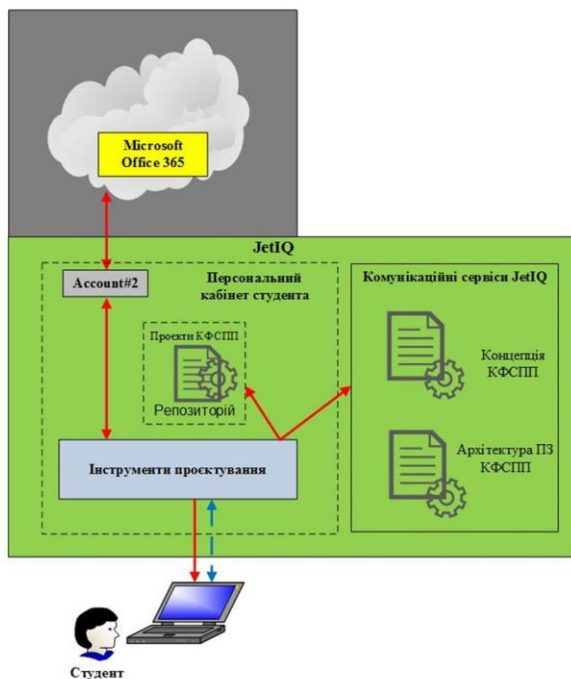


Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності "Дослідження предметної області промислової автоматизації на основі КФСПП"

ПІДТРИМКА ПРАКТИКУМУ ПО ТЕМІ "ПРОЄКТУВАННЯ КФСПП ДЛЯ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ РЕАЛЬНОГО АТП/АВП"



Спосіб відображення ідеї побудови КФСПП за допомогою онтологічної графічної моделі



Деталізована функціональна структура підсистеми електронної підтримки проєктування КФСПП

ДОДАТОК В
(довідковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ
НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: *Магістерська кваліфікаційна робота
«Система електронної підтримки навчального процесу з
дисципліни «Промисловий Інтернет речей» Частина 2. Підсистема
підтримки студентської діяльності»*

Тип роботи: кваліфікаційна робота
(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше – зазначити)

Підрозділ: кафедра АІТ, ФКСА, АКТ-22мз
(кафедра, факультет, навчальна група)

Науковий керівник: Кабачій В.В., доцент каф. АІТ
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

<i>Plagiat.pl (StrikePlagiarism)</i>		<i>Unicheck</i>	
КП1	-	Оригінальність	98,6%
КП2	-		
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	1,4%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

X Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор _____ Петров О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення: Допустити до захисту

Особа, відповідальна за перевірку _____ Маслій Р.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)